

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01M 15/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410005533.5

[45] 授权公告日 2007 年 1 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1296689C

[22] 申请日 1997.7.15

[21] 申请号 200410005533.5

分案原申请号 97197813.1

[30] 优先权

[32] 1996. 7. 19 [33] JP [31] 190858/96

[32] 1996. 11. 5 [33] JP [31] 292553/96

[32] 1996. 11. 21 [33] JP [31] 310870/96

[73] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 丸田直行 铃木延明

[56] 参考文献

US4424709A 1984. 1. 10 G01M15/00

JP61182548 1986. 8. 15 G01M15/00

DE4130846A1 1993. 3. 18 G01M15/00

US5355713A 1994. 10. 18 G01M15/00

审查员 胡跃澜

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 黄力行

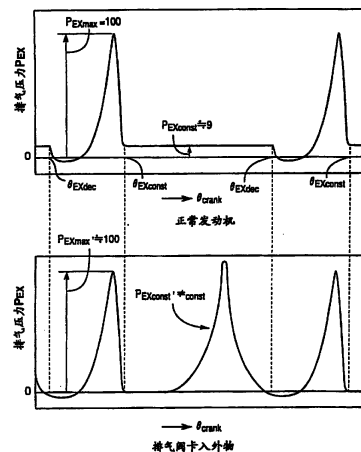
权利要求书 2 页 说明书 121 页 附图 76 页

[54] 发明名称

测试装配好的内燃机的方法

[57] 摘要

一种发动机的测试方法，该发动机包括气缸、活塞、曲轴、进气阀和排气阀，该方法的特征在于包括以下步骤，用独立的转动装置转动曲轴，由此使活塞在气缸中作往复运动，同时使与进气阀相通的进气阀外侧空间和与排气阀相通的排气阀外侧空间中的至少一个空间与大气隔离，然后根据在进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个所测得的压力来评估发动机的状态，此时与所述进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个相对应的进气阀和排气阀中至少一个阀应当是关闭的。



1. 一种发动机的测试方法，该发动机包括气缸、活塞、曲轴、进气阀和排气阀，该方法的特征在于包括以下步骤，

用独立的转动装置转动曲轴，由此使活塞在气缸中作往复运动，同时使与进气阀相通的进气阀外侧空间和与排气阀相通的排气阀外侧空间中的至少一个空间与大气隔离，然后

根据在进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个所测得的压力来评估发动机的状态，此时与所述进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个相对应的进气阀和排气阀中至少一个阀应当是关闭的。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征不在于，所述进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个包括排气阀侧空间，所述评估步骤包括根据排气阀应已关闭时所测得的排气阀侧空间的压力来评估发动机的状态。

3. 如权利要求2所述的方法，其特征不在于，所述评估步骤包括当排气阀应已关闭而排气阀侧空间的压力发生变化时，判断排气阀关闭不完全的判断步骤。

4. 如权利要求3所述的方法，其特征不在于，所述判断步骤包括当排气阀应已关闭而排气阀侧空间所测得的压力高于一第一参考值时，判断排气阀关闭不完全的判断步骤。

5. 如权利要求2所述的方法，其特征不在于，所述评估步骤进一步包括当排气阀打开且进气阀应已关闭的同时，所测得的排气阀侧空间内的压力低于一第二参考值时，判断进气阀关闭不完全的步骤。

6. 如权利要求1所述的方法，其特征不在于，所述评估步骤包括基于状态变化时刻的评估步骤，该步骤基于进气阀和排气阀中至少一个阀的关闭状态的起始时刻和结束时刻中的至少一个时刻评估发动机的状态，所述至少一个阀对应于与大气隔离的进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个，所述至少一个阀的关闭状态的起始时刻和结束时刻中的所述至少一个时刻包括第一状态变化时刻和第二状态变化时刻中的至少一个时刻，第一状态变化时刻是所述至少一个空间中的压力从变化态改变到恒定态时的时刻，而第二状态变化时刻是所述至少一个空间中的压力从恒定态变化到变化态时的时刻。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 所述基于状态变化时刻的评估步骤包括根据第一和第二状态变化时刻之间的时间间隔判断发动机的状态。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述转动步骤包括用单独的转动装置使发动机曲轴沿相反于正常方向的方向转动的反向转动步骤, 当发动机用燃烧燃料实际运转时, 该曲轴沿该正常方向转动。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述反向转动步骤包括使发动机的曲轴反向转动, 同时使进气阀侧空间与大气隔离。

10. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述转动步骤包括正常方向转动步骤, 利用独立的转动装置使发动机的曲轴沿正常方向转动, 当发动机实际由燃料运转时, 发动机曲轴沿该正常方向转动。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 所述正常方向步骤包括使发动机的曲轴沿正常方向转动, 而同时使排气阀侧空间与大气隔离。

12. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述方法还包括用一个可选择地打开和关闭的阀使进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个空间与大气隔离。

测试装配好的内燃机的方法

本申请为申请号：97197813.1，申请日：1999年3月11日，发明名称：“测试装配好的内燃机的方法”的申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及检验或测试成组装状态的内燃机的方法。

背景技术

当内燃机（以后称为“发动机”）的组装完成后，需要判断内燃机的组装是否有缺陷，例如发动机是否遗漏任何部件，或发动机的两个或多个部件的操作是否不同步。如果发动机有缺陷，则它不能按设计那样工作。在美国专利 No. 5 355 713 中公开一个组装好的发动机的测试方法的例子。在公开的方法中，使组装发动机在不点燃燃料的“冷”状态下转动，在发动机的排气阀侧的或进气阀侧的空间中测量压力波形，并将测得的压力波形与预先在正常发动上测得的参考压力波形比较。由此判断发动机的装配是否存在缺陷。该美国专利公开将测得波形的特征和参考波形的对应特征相比较的方法。该特征可以是包含在各个压力波形中的（正）压力脉冲和真空（负压力）脉冲中的至少一个脉冲的波幅。另外，美国专利公开了判断方法，即如果在发动机排气阀侧空间中的压力（以后称作“排气压力”）在发动机曲轴的预定角位相（以后称作“CS（曲轴）角”）不超过参考值则组装的发动机有缺陷，在该预定的角位相，如果发动机正常则排气压力应超过参考值。即在美国专利中公开的方法在于将测得的组装发动机的排气或进气压力的特征值例如最大值、最小值或对应于特定 CS 角的值与在正常发动机上测得的参考值相比值。

美国专利说明或者根据在发动机排气阀侧空间中一个阀侧的空间中或者根据进气阀侧的空间中一个阀侧的空间中测得的压力波形来确定组装发动机的缺陷。然而该发明不能根据在发动机的排气阀侧的和进气阀侧的空间中得到的相应压力波形来寻找缺陷。另外，如果公开的方法找出一种缺陷，则测试结束。因此，如果组装的发动机有不同的缺陷，则该方法不能找出这些缺陷。

发明概要

因此本发明的目的是提供一种组装好的发动机的测试方法：该方法不同于上述美国专利中公开的方法。

按照本发明的第一方面，提供一种已装配内燃机的测试方法，该内燃机具有进气阀和排气阀，方法的特征在于，转动组装好的发动机，测量进气阀外侧空间和排气阀外侧空间中的至少一个空间中压力的至少一个预定条件出现的时刻，该进气阀侧空间与进气阀连通，而排气阀侧空间与排气阀相通，然后根据测量的时刻，判断发动机的组装是否存在至少一个缺点。

根据本发明第一方面的测试方法中，进气阀侧空间或排气阀外侧空间中压力（以后称作“进气压力”或“排气压力”）的至少一个预定状态的出现时刻其变化取决于气缸中压力（以后称作“气缸压力”）的变化和进气与排气阀的打开与关闭时间的变化，在气缸中活塞直线地往复运动。气缸压力在活塞移向其上死点位置时增加，而在活塞移向其下死点位置时减小。在往复发动机中，在进气和排气阀关闭后，排气阀首先开始打开，随后进气阀开始打开。在排气阀关闭后进气阀才关闭。在各个操作周期期间，如果例如进气阀的开始打开时刻先于在正常发动机上测得的参考时刻（即对应于较小的CS角），则排气压力的最大值小于正常发动机的参考值并在较短的时间达到最大值。相反，如果进气阀的开始打开时刻晚于正常发动机的参考值（即对应于较大的CS角），则排气压力的最大值大于参考值，并在较长时间达到最大值。因此，如果例如已知排气压力取最大值的时刻，则可知进气阀的开、闭时刻分别和CS角之间的关系。因此可以判断出组装的发动机具有在曲轴和凸轮轴之间存在不正确相位差的组装缺陷。另外，如果例如排气阀的打开和关闭时刻相对于CS角改变，则这种改变影响进气压力。因此根据进气压力的至少一个预定状态的出现时刻便可以识别出曲轴和凸轮轴之间的不正确相位差的缺陷。这样，根据进气压力和/或排气压力的一个或多个预定状态的出现时刻便可以判断组装的发动机是否存在至少一个缺陷，而不需要拆开发动机。本发明的测试方法不排除根据对应预定状态的进气压力或排气压力来确定组装缺陷。例如可以考虑在排气阀开始打开的时刻的排气压力值、排气压力的最大值等。已组装的发动机可以在“热”状态下转动，即通过燃料的燃烧进行转动，或在“冷”状态下进行转动，即使其连接于单独的转动装置，用该装置进行强制转动。“冷”测试一般比

“热”测试容易。在热测试时，麻烦的是要往发动机中加燃料，而且要处理排出的废气。另外，在“热”测试时，在进气侧的和排气侧的空间中测得的压力信号包括更多的噪声。“冷”测试没有这些问题，因此执行起来更容易。

按照本发明第一方面的优选特征，判断步骤包括：将测量的时刻与参考时刻进行比较；然后根据比较结果判断发动机的组装是否存在至少一个缺陷。参考时刻可以是在没有装配缺陷的正常发动机上实际测量的时刻，或者可以由设计者规定的时刻。在曲轴和曲轴皮带轮之间因皮带轮没有合适地装在曲轴上而产生的不正确的相对相位以及曲轴皮带轮和同步皮带或同步链之间因其不恰当的啮合而产生的不正确的相对相位等可能造成曲轴的不正确的相位。而在凸轮轴和凸轮轴皮带轮之间因凸轮皮带轮没有恰当地装在凸轮轴上而产生的不正确的相位以及在凸轮皮带轮和同步皮带或同步链之间因其没有恰当地啮合而产生的不正确的相对相位等将造成凸轮轴的不正确相位。如下面在优选实施例中所述，在传动齿轮和随动齿轮之间的不正确的相位也能引起凸轮轴的不正确相位，该转动齿轮连接于操作进气阀的进气凸轮轴和操作排气阀的排气凸轮轴中的一个轴上，而随动齿轮装连另一个凸轮轴上。排气或进气压力的预定状态的出现时刻由于上述缺陷中各种缺陷的存在而断续地改变，因为曲轴皮带轮等的不正确相位与其正确相位的偏移量是阶梯式变化的。同样，预定状态的出现时刻也会由于遗漏压缩环而断续地改变。与测量时刻相比较的参考时刻可以是在一个或多个没有组装缺陷的正常发动机上测得的预定状态的出现时刻。因此如果测量时刻和参考时刻之间的差落在参考范围内，则组装的发动机可判定为正常的，即没有组装缺陷。另一方面，预定状态的出现时刻将因不正确的进气阀游隙或排气阀游隙的存在而连续地改变。因此如果进气阀或排气阀的游隙落在参考范围，则阀门可判定为正常的。在后一种情况下，与测量值相比较的参考值对应于参考值范围中的每个值。在任何情况下，参考值被用作作为一种判据，用于判别至有一个缺陷的发动机和完全没有缺陷的发动机。因此通过使测量的预定状态的出现时刻与参考时刻相比较便可以快速而容易地判断已组装的发动机是否存在至少一个缺陷。

按照本发明第一方面的另一特征，测量步骤包括测量以下时间中的

至少一种时刻，即：当排气阀侧空间中的排气压力达到最大值的第一时刻；当排气压力从第一下降状态改变到恒定状态时的第二时刻，在该恒定状态时该排气压力不随时间改变；当排气压力从恒定状态变到第二下降态时的第三时刻；当进气阀侧空间中的进气压力达到最大值时的第四时刻；当进气压力从恒定态改变到增加态时的第五时刻，在该恒定态中，进气压力不随时间变化。第一至第五时刻对于确定至少一个缺陷是很可靠的，因为在这些时刻中的各个时刻，排气压力或进气压力会产生显著的变化。因此可以以很高的精确度测定这些时刻中的各个时刻，从而很可靠地找出一个或多个缺陷。

按照本发明第一方面的另一特征，判定步骤包括，根据第一至第五时刻中的至少一个测量时刻和第一、第二、第三、第四及第五参考时刻中的相应一个参考时刻之间的差值的正号、负号或绝对值中的至少一种情况来确定发动机组装的至少一个缺陷。

按照本发明第一方面的另一特征，判定步骤包括：根据第一至第五测量时刻中的许多测量时刻的组合来确定发动机组装的至少一个缺陷，这许多测量时刻中的各个时刻与第一、第二、第三、第四及第五参考时刻中的相应一个参考时刻是不同的。

按照本发明第一方面的另外特征，至少一个缺陷包括以下情况中的一种情况，即：进气阀的不正确游隙；排气阀的不正确游隙；曲轴和凸轮轴之间不正确的相位；遗漏压缩环。如下面参照本发明优选实施例将说明的，根据进气压力和/或排气压力的至少一个预定状态的测量时刻，可以确定这四种缺陷中的至少两种缺陷。因为在组装线上经常发生这些缺陷，所以能够找出这些缺陷中的一种或多种缺陷而又不拆开发动机是功效很大的。

按照本发明第一方面的另一特征，在曲轴和凸轮轴之间的不正确的相对相位包括下列情况中的至少一种情况，即：在曲轴和曲轴皮带轮之间的不正确的相对相位；在凸轮皮带轮和凸轮轴之间的不正确相对相位；和传动齿轮和随动齿轮之间的不正确相对相位。

按照本发明第一方面的另一特征，测试方法还包括关闭排气阀侧通道和进气阀侧通道中的至少一个通道，排气阀侧通道连接在排气阀和排气歧管之间，而进气阀侧通道连接进气阀和进气歧管之间，其中，排气

阀外侧空间和进气阀外侧空间中的至少一个空间包括关闭的排气阀侧通道的排气阀侧部分和关闭的进气阀侧通道的进气阀侧部分中的至少一个部分。在这种情况下改进了发动机测试方法的可靠性。可以测量排气或进气压力而不需要关闭连接在排气阀和排气歧管之间的排气阀侧通道或关闭连接在进气阀和进气歧管之间进气阀侧通道。然而,在排气阀侧通道和/或进气阀侧通道被关闭时,可以准确地检测由于存在一个或多个组装缺陷而造成的排气或进气压力的变化和准确地测量排气或进气压力的至少一个预定状态的出现时刻。因此本测试方法具有很高的可靠性。在这种情况下,最好先执行测试方法,然后再将排气歧管和/或进气歧管装在发动机上。

按照本发明第一方面的另一特征,进气阀外侧空间和排气阀外侧空间中的至少一个空间包括排气阀侧空间,此空间包括排气阀室和其出口关闭的排气歧管。在具有许多气缸的发动机的各个操作周期中,各个气缸的一个或多个进气阀的打开和关闭以规定的时间间隔顺序发生。如下面在优选实施例中将说明的,如果检测由排气阀室和排气歧管的内空间所构成的单一空间中的压力,则可以判断发动机的各个气缸是否存在至少一个缺陷。因为在这种情况下,可以在组装排气歧管之后执行测试方法,所以可以更容易地检测各个气缸的排气压力。

按照本发明第一方面的另一特征,进气阀外侧空间和排气阀外侧空间中的至少一个空间包括缓冲箱的内部空间。在具有许多气缸的发动机的各个操作周期中,各个气缸的一个或多个进气阀的打开和关闭是以规定的时间间隔顺序发生,象各个气缸的一个或多个排气阀的打开和关闭一样。如下面在优选实施中将要说明的,如果检测缓冲箱内部空间中的压力,则可以判断发动机的各个气缸是否存在至少一个缺陷。在这种情况下,因为在组装进气支管和缓冲箱之后执行测试方法,并且可以将压力传感器的数目减到最小,所以可以很容易地检测各个气缸的进气压力。

按照本发明第一方面的另外特征,判定步骤包括在组装发动机时而形成的许多缺陷中确定至少两种缺陷。在一台单一的发动机上出现许多组装缺陷的情况下,按照本发明第一方面的测试方法只能从许多缺陷中确定一个或多个缺陷的存在。换句话说,如果方法确定所找到的一个缺

陷是那种缺陷, 则测试结束, 并将确定的缺陷显示出。与此相反, 在按照本特征的测试方法中, 至少可以同时确定两种缺陷。在只能确定一个或多个缺陷存在的情况下, 操作者必须拆开机器并验明此缺陷或多个缺陷。在缺陷被确定而发动机测试结束的情况下, 操作者必须改正显示的缺陷并重新在发动机上进行同样的测试以确定另一可能的缺陷和改正第二缺陷。不论在那种情况下, 都需要长时间来除去发动机上的一个或多个缺陷。相反, 如果可以同时从发动机的许多缺陷中确定至少两个缺陷, 则可以同时除去这些确定的缺陷。如果可以同时确定发动机的所有缺陷, 则可以同时除去所有这些缺陷。最后一种情况是理想的。然而基本上不需要同时确定发动机的所有缺陷。可以从发动机的许多缺陷中同时确定至少两个缺陷已经是相当有效的了。另外, 如果能够将发动机可能有的缺陷总数限制或减小到基于测量时间的较小的数目, 则可相应减小确定一个或多个缺陷所需要的工时。

按照本发明第一方面的另一特征, 压力的至少一个预定状态在许多时刻出现, 这些时刻对应于组装发动机造成的许多缺陷, 其中判断步骤包括根据以下 (a)、(b) 中的至少一个确定许多缺陷中的至少一个缺陷, (a) 是至少一个预定状态的测量时刻偏离参考时刻的量; (b) 是至少两个其测量时刻分别偏离至少两个参考时刻的预定状态的组合。

按照本发明第一方面的另一特征, 测试方法还包括在压力的至少两个预定状态中的各个状态的测量时刻等于参考时刻时, 确定组装的内燃机没有缺陷, 并省去执行判断步骤。在这种情况下可以防止无效地进行判断步骤。

按照本发明第一方面的另一特征, 许多时刻包括至少一个对应于许多缺陷的至少两个缺陷中的各个缺陷的时刻, 其中, 判断步骤包括优先于其它时刻利用许多时刻中对应于最小数目缺陷的时刻。在一个发动机上同时出现许多缺陷的情况下, 本测试方法可以容易地确定许多缺陷中的至少一个缺陷。如果某个预定状态出现的测量时刻通过例如与许多时刻中的对应于最小数目缺陷 (例如一个) 的一个时刻相比较而被判定为不同于参考时刻, 则可以容易地确定最小数目的缺陷, 这样确定的缺陷或多个缺陷可以用来确定另一个或其它的其余缺陷。

按照本发明第一方面的另一特征, 判定步骤包括优先于其它时刻,

利用许多时刻中对应于至少一个最容易由操作者确认的缺陷的一个时刻，然后再利用此缺陷来判定另一个或其它的剩下缺陷。确认越容易，这种判断方式的应用便越容易。

按照本发明第一方面的另一特征，判定步骤包括优先于其它时刻，利用许多时刻中对应于至少一个最容易由操作者改正的缺陷的一个时刻。在单个发动机上出现许多缺陷的情况下，如果许多缺陷中的至少一个缺陷被确定并加以改正，则可以更容易地确定一个或多个其余缺陷，或使一个或多个被判定为不能确定的缺陷变成为可以确定的缺陷。

按照本发明第一方面的另一特征，转动步骤包括采用独立的转动设备使组装发动机的曲轴转动，因而使发动机活塞在发动机气缸中往复运动，同时，使进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个空间与大气隔离，其中判断步骤包括根据（a）和（b）中的至少一个判断发动机的组装状态是否存在至少一个缺陷，（a）是进气阀侧空间和排气阀侧空间中的一个空间中在进气阀和排气阀中的对应的一个阀关闭时所测的压力；（b）是进气阀和排气阀中一个阀的关闭状态的起始和结束时间中的至少一个时刻，它对应于进气阀侧空间和排气阀侧空间中的一个。

按照本发明第一方面的另一特征，转动步骤包括用独立的转动装置使组装发动机的曲轴转动，由此使发动机活塞在发动机气缸中往复运动，同时使进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个空间与大气隔离，其中，判断步骤包括据（a）和（b）中的一个判断发动机组装状态是否存在至少一个缺陷，（a）是进气阀侧空间和排气阀侧空间中的一个空间中在进气阀和排气阀中对应的一个阀关闭时所测量的压力；（b）是进气阀和排气阀中一个阀的关闭状态的起始和结束时刻中的至少一个时刻，它对应于进气阀侧空间和排气阀侧空间中的一个。

按照本发明第一方面的另一特征，组装的发动机包括许多气缸，各个气缸具有进气阀和排气阀，其中测量步骤包括对许多气缸的至少两个气缸中的各个气缸测量（a）和（b）中的至少一个，（a）是在进气阀外侧空间和排气阀外侧空间中至少一个空间中在压力满足至少一个预定状态时所测定的压力值，该进气阀外侧空间与对应于各个气缸的进气阀相通，而排气阀外侧空间与对应于各个气缸的排气阀相通；（b）是压力满足至少一个状态时的时刻，其中方法还包括将至少两个气缸中的

第一气缸的压力值和时刻中的至少一个量与至少两个气缸中的第二气缸的压力值和时刻中的至少一个量相比较；判断步骤包括在第一气缸的压力值和时刻中的该至少一个值不等于第二气缸的压力值和时刻中的该至少一个值时判断出发动机的组装存在至少一个缺陷。

按照本发明的第二方面，提供一种测试发动机的方法，该发动机包括气缸、活塞、曲轴、进气阀和排气阀，该方法的特征在于：用单独的转动装置使曲轴转动，由此使活塞在气缸中往复运动，同时使与进气阀连通的进气阀外侧空间和与排气阀连通的排气阀外侧空间中的至少一个空间与大气隔离；根据（a）和（b）中的至少一个确定发动机的状态，（a）是在进气阀侧空间和排气阀侧空间中至少一个空间中在进气阀和排气阀中的对应一个阀关闭时所测定的压力；（b）是进气阀和排气阀中一个阀的关闭状态的起始时刻和结束时刻中的至少一个时刻，它对应于进气阀侧空间和排气阀侧空间中的一个。

按照本发明第二方面的发动机测试方法可以在具有火花塞的发动机上实现。在这种情况下，在执行方法时不需要从发动机上除去火花塞。如果在进气阀和排气阀关闭时操作方法，则气缸的内部空间不仅与进气阀侧空间和排气阀侧空间隔离，而且还与大气隔离。在进气阀侧空间与大气隔离时实施方法的情况下，如果进气阀或多个进气阀完全关闭，则进气阀侧空间完全被隔离，因而进气阀侧空间中的压力变为恒定的而不管活塞的往复运动。同样，在实施方法而排气阀侧空间与大气隔离的情况下，如果排气阀或多个排气阀完全关闭，则排气阀侧空间完全被隔离，因而排气阀侧空间中的压力变成恒定的而不管活塞的往复运动。因为检测进气阀侧空间或排气阀侧空间中的恒定压力状态很容易，所以根据检测结果确定发动机的一个或多个缺点也很容易。例如，很容易找出阀关闭不完全的缺陷，即因为例如在进气或排气阀和相应阀座之间的空间中卡入外来物而引起的进气阀或排气阀没有完全关闭的缺陷。如果发生阀的不完全关闭或卡入外来物，则发动机正常时恒定的进气阀侧空间的压力（“进气压力”）或排气阀侧空间的压力（“排气压力”）将发生变化，因为气缸内部空间的压力（“气缸压力”）随曲轴的转动而变化。因此如果在进气或排气压力应当是恒定的时刻检测到进气压力或排气压力的变化，则可以判断正测试的发动机具有阀关闭不完全的缺陷。另外，

因为容易检测进气或排气压力的变化，所以也容易检测进气或排气压力恒定状态的起始或结束时刻。因为起始或结束时刻对应于进气或排气阀的打开和关闭时刻，因此间接地根据起始和结束时刻便可以容易地确定打开和关闭时刻。而且，进气阀或排气阀的打开和关闭时刻可以采用专用的阀位置传感器或多个阀位置传感器直接确定。另外，当活塞在气缸中往复运动并且气缸内部空间中的压缩空气进入进气阀侧空间或排气阀侧空间时，该进气压力或排气压力自然是上升的。因此本发明的方法不需要用于改变进气或排气压力的专用压力源。本发明的方法可以用来测试工厂中用各个部件组装的发动机，可以在组装后马上测试，或可以用来测试使用一些时间后在大修的发动机。

按照本发明第二方面的第一优选特征，进气阀侧空间或排气阀侧空间中的至少一个空间包括排气阀侧空间，评估步骤包括根据排气阀侧空间中在排气阀理应已关闭时测定的压力来确定发动机的状态。

按照本发明第二方面的第二优选特征，评估步骤包括在排气阀理应已关闭而排气阀侧空间中的压力仍变化时判定排气阀关闭不完全。

按照本发明第三方面的第三优选特征，判断步骤包括，在排气阀理应已关闭时测量的排气阀侧空间的压力高于第一参考值时，判定排气阀的关闭不完全。

按照本发明第二方面的第四优选特征，或按照上述第一至第三优选特征中的任何一个特征，进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个空间包括排气阀侧空间，评估步骤包括，在排气阀打开时测定的排气阀侧空间的压力低于第二参考值时判定进气阀的关闭不完全。在排气阀侧空间与大气隔离和进气阀侧空间与大气连通的方式下测量排气压力时，气缸压力和排气压力二者均在活塞上升运动使排气阀打开和进气阀关闭时上升，因为空气既在气缸的内部空间又在排气阀侧空间中被压缩。但是，如果进气阀关闭不完全，则气缸内部空间中的空气部分地经进气阀流入大气，因而排气压力的最大值低于进气阀是正常时所得到的最大值。因此本发明的方法可以确定进气阀关闭不完全的缺陷。

按照本发明第二方面的第五优选特征，或按照上述第一至第四优选特征中的任何一个特征，鉴定步骤包括基于状态变化时刻的评估步骤，该步骤基于进气阀和排气阀中至少一个阀的关闭状态的起始时刻和结束时刻

中的至少一个时刻判断发动机的状态,所述至少一个阀对应于与大气隔离的进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个,所述至少一个阀的关闭状态的起始时刻和结束时刻中的所述至少一个时刻包括第一状态变化时刻和第二状态变化时刻中的至少一个时刻,第一状态变化时刻是所述至少一个空间中的压力从变化态改变到恒定态时的时刻,而第二状态变化时刻是所述至少一个空间中的压力从恒定态变化到变化态时的时刻。

按照本发明第二方面的第六优选特征,基于状态变化时刻的评估步骤包括根据第一和第二状态变化时刻之间的时间间隔判断发动机的状态。一种缺陷的出现或存在可能使第一和第二状态变化时刻二者沿时间轴的同一方向改变或移动,而另一种缺陷的存在则可能使第一和第二状态变化时刻沿相反的方向移动。因此可以根据第一和第二状态变化时刻之间的时间间隔判定一个或多个缺陷。另外,因为该时间间隔依赖于影响第一和第二状态变化时刻中至少一个时刻的所有缺陷,所以可以根据一个量(即时间间隔)判定影响两个时刻的缺陷。

按照本发明第二方面的第七优选特征,或按照上述第一到第六优选特征中的任何一个特征,转动步骤包括用单独的转动装置使发动机曲轴沿相反于正常方向的方向转动的反向转动步骤,当发动机用燃烧燃料实际运转时,该曲轴沿该正常方向转动。在发动机由单独的转动装置转动时,可以容易地使发动机沿相反方向转动,因而可以获取发动机沿正常方向转动所不能获取的信息。因而可以根据发动机沿相反方向转动时获得的信息判断仅仅凭发动机沿正常方向转动时获得的信息不能判定的发动机的一个或多个坏状态。另外,根据发动机反向转动获得的信息可以改进判断发动机一个或多个坏状态的可靠性。反向转动步骤的执行可以独立于本发明的第一和第二方面。在最后一种情况下,该步骤提供同样的优点。

按照本发明的第二方面的第八优选方面,反向转动步骤包括使发动机的曲轴反向转动,同时使进气阀侧空间与大气隔离。该反向转动步骤与正向转动步骤是对称的,在正向转动步骤中排气阀侧空间与大气隔离并且发动机沿正常方向转动。因此例如进气阀和排气阀的打开顺序是相反的。从而可获得很重要的信息。

按照本发明第二方面的第九优选特征,或按照上述第一至第八优选

特征中的任何一个特征，转动步骤包括正常方向转动步骤，利用独立的转动装置使发动机的曲轴沿正常方向转动，当发动机实际由燃料运转时，发动机曲轴沿该正常方向转动。

按照本发明第二方面的第十优选方面，反向转动步骤包括使发动机的曲轴沿正常方向转动，而同时使排气阀侧空间与大气隔离。在本发动机测试方法中，可以获得各种有用的情报，并可以根据这些情报判断发动机的一个或多个坏状态。

按照本发明第二方面的第十一优选特征或按上述第一至第十优选特征中的任何一个特征，测试方法还包括用一个可选择地打开和关闭的阀使进气阀侧空间和排气阀侧空间中的至少一个空间与大气隔离。在这种情况下，可容易地使进气阀侧空间和/或排气阀侧空间与大气隔离，方法是关闭形成一个空间或多个空间的一个或多个阀门。因而改进了发动机测试的效率。

按照本发明第三方面，提供了一种测试已装配内燃机的方法，该内燃机包括许多气缸，各个气缸具有进气阀和排气阀，方法的特征在于：转动已装配的发动机；对许多气缸中的至少两个气缸的各个气缸测量（a）和（b）中的至少一个量，（a）是进气阀外侧空间和排气阀外侧空间中至少一个空间内的压力值，该进气阀外侧空间与对应于各气缸的进气阀连通，而该排气阀外侧空间与对应于各气缸的排气阀连通，该压力值是在压力满足预定状态时测定的，（b）是该压力满足预定状态的时刻；将至少两个气缸中的第一个气缸的压力值和时刻中的至少一个量与至少两个气缸中的第二气缸的压力值和时刻中的至少一个量相比较；当第一气缸的压力值和时刻中的该至少一个量不等于第二气缸的压力值和时刻中的该至少一个量时判定装配的发动机存在至少一个缺陷。

在本发明第三方面的测试方法中，进气阀侧空间或排气阀外侧空间中的压力（以后称作“进气压力”或“排气压力”）满足预定状态的时刻其变化取决于其中活塞进行线性往复运动的气缸中的压力（以后称作“气缸压力”）的变化以及进气阀与排气阀的打开与关闭时刻的变化。当活塞向上移到其上死点位置时，气缸压力增加，而当活塞向下移到其下死点位置时该气缸压力减小。在往复式发动机中，在进气和排气阀关闭之后，排气阀首先开始打开，然后进气阀开始打开。在各个操作周期

期间, 如果例如进气阀打开的开始时间早于正常发动机得到的参考时刻(即对应于较小的CS角度), 则排气压力的最大值小于正常发动机的参考值并且以较短的时间达到最大值。相反, 如果进气阀打开的开始时刻晚于正常发动机的参考时刻(即对应于较大的CS角度), 则排气压力的最大值大于参考值并且以较长的时间达到最大值。因此, 如果例如已知排气压力达到最大值的时刻, 则可得到进气阀的打开和关闭时刻分别与CS角之间的关系。因而可以判定组装的发动机具有在曲轴和凸轮轴之间存在不正确的相位差的组装缺陷。另外, 如果例如, 排气阀的打开和关闭时刻相对CS角变化, 则此变化影响进气压力。因此根据进气压力的至少一个预定状态的出现时刻便可判断曲轴和凸轮轴之间存在不正确相位差的缺陷。这样, 不需将发动机拆开便可以根据压力满足预定状态时进气压力和/或排气压力的值和压力满足预定状态的时刻中的至少一个量判断组装的发动机是否存在至少一个缺陷。在本发动机测试方法中, 通过对至少两个气缸测量压力满足预定状态时的压力值和压力满足预定状态的时刻中的至少一个量, 然后将一个气缸上得到的压力值和/或时刻与另一个或其它气缸上得到的压力值和/或时刻相比较, 便可以找出一个发动机的一个或多个组装缺陷。例如, 在一些情况中, 在具有安装缺陷的不正常气缸上获得的压力值不同于正常气缸的压力值。如果检测出差别, 则可以判定这两个或多个气缸中的一个气缸具有组装缺陷。如果此种比较是在多个气缸之间进行比较则可以获得关于发动机组装状态的更多信息。因此可以以较高的准确度确定具有安装缺陷的一个或多个气缸。因为在此方法中不需要测定对应于在气缸上测得的压力值和时间的CS角度, 所以实现此方法的装置其结构较简单。就本发明而言, 术语“比较”包括判断在一个气缸上测得的许多参数的相应值的组合和在另一个气缸上测得的许多参数的相应值的组合之间是否存在显著的差异, 在上一种情况中, 术语“等于”意味着对第一气缸的组合中的所有相应值等于对第二气缸的组合中的所有相应值。本方法不排除通过将各个气缸上当压力满足预定状态时测得的进气压力值或排气压力值与一个或多个正常发动机的参考值相比较找出安装缺陷的方法。例如, 可以使各个气缸上测得的排气压力的最大值与正常发动机的参考最大值相比较。组装的发动机可以在“热”状态下转动, 即在其中燃烧燃料, 或在“冷”状态

下转动，即使其连接于单独的转动装置，由该转动装置强制转动。一般地讲，“冷”测试比“热”测试容易。在热测试中麻烦的是要将燃料输送给发动机并处理放出的废气。另外，在“热”测试中，在进气侧空间和排气侧空间得到的压力信号包含更多的噪声。“冷”测试没有这些问题，因此操作起来更容易。

按照本发明第三方面的第一优选特征，已装配的发动机包括具有至少一个气缸的第一机组和具有至少一个气缸的第二机组，其中比较步骤包括将第一机组的至少一个气缸的压力值和时间中的至少一个量与第二机组的至少一个气缸的压力值和时间中的至少一个量相比较。例如，如果缺陷出现在V形发动机的两个机组中一个机组的凸轮轴的相位上，则在凸轮轴具有缺陷的一个机组的气缸上测得的压力值和/或时间不同于凸轮轴没有缺陷的另一机组的气缸上测得的压力值和/或时刻。本方法可以找出至少一个出现在与其它机组无关的两个机组中的各个机组上的缺陷。

按照本发明第三方面的第二优选特征，比较步骤包括将至少两个气缸中各个气缸的压力值和时刻中的至少一个量与该至少两个气缸的压力相应值的平均值和该至少两个气缸的相应时刻的平均值相比较。在各个气缸上测得的压力值或时刻可能差别不同的量，包括对应于不同种类装配缺陷的很小的量或很大的量。这些差别不仅包括由多个缺陷引起的差别，而且还包括由测量误差引起的差别。最好消除后一种差别。本发明的发动机测试方法可以减小后一种差别的影响，因而可以以更高的准确度找到至少一个缺陷。

按照本发明第三方面的第三优选特征，或按照上述第一或第二优选特征中的任一特征，比较步骤包括将至少两个气缸分成至少两组，即包含至少一个气缸的第一组和包含至少一个气缸的第二组，该第二组的至少一个气缸的值和时刻中的至少一个量显著不同于第一组中至少一个气缸的值和时刻中的至少一个量，然后将第一组中至少一个气缸的值和时刻中的至少一个量与第二组中至少一个气缸的值和时刻中的至少一个量相比较。本发明的发动机测试方法的优点与按照本发明第二优选特征的方法的优点相同。

按照本发明第三方面的第四优选特征，或上述第一至第三优选特征

中的任一特征，测量步骤包括对许多气缸的每个气缸测量压力满足预定状态时的时刻，而比较步骤包括将许多气缸的相继点燃气缸的第一对气缸的相应压力满足预定状态时的相应时间之间的时间间隔与许多气缸的相继点燃气缸的第二对气缸的相应压力满足预定状态时的相应时间之间的时间间隔相比较。如在本发明的优选实施例中所述，利用简单的方法可以容易地确定以很高的频率出现的一个或多个缺陷，在此方法中，使相继点燃气缸的第一对气缸的相应压力满足预定状态时的相应时间之间的时间间隔与相继点燃气缸的第二对气缸的相应压力满足预定状态时的相应时间之间的时间间隔相比较。这些缺陷包括进气阀和排气阀的相应游隙的缺陷。在测试的发动机包括两个机组的情况下，这些缺点还包括两个机组的相应凸轮皮带轮和相应随动齿轮的缺陷。

按照本发明第三方面的第五优选特征或上述第一至第四优选特征中的任一特征，测量步骤包括对许多气缸的每个气缸测量 (a) 和 (b) 中的至少一个量，(a) 是压力满足预定状态时的压力值，(b) 是压力满足预定状态时的时刻。

按照本发明第三方面的第六优选特征或上述第一至第五优选特征中的任一特征，比较步骤包括：将至少两个气缸分成至少两个组，即包含至少两个气缸的第一组和包含至少两个气缸的第二组，该第二组两个气缸中的各个气缸的值和时刻中的至少一个量极近似于第二组的至少两个气缸的其它或另一气缸的值和时刻中的至少一个量，但显著不同于第一组的至少两个气缸的各个气缸的值和时刻中的至少一个量；将第一和第二组的各个组的至少两个气缸的各个气缸的值和时间中的至少一个量与各个组的至少两个气缸的其它或另一气缸的值和时刻中的至少一个量相比较。

按照本发明第三方面的第七优选特征或上述第一至第六优选特征中的任一特征，测量步骤包括，对许多气缸的每个气缸测量压力满足预定状态时的压力的值，比较步骤包括使许多气缸的相继点燃气缸的每对气缸的相应值相互进行比较。

按照本发明第三方面的第八优选特征或上述第一至第七优选特征中的任一特征，预定状态包括下列状态中的至少一个状态，即排气阀空间中的排气压力达到最大值的第一状态；排气压力处于恒定状态的第二状

态, 在此状态下排气压力随时间的经过取恒定值; 排气压力从恒定态转到降低态的第三状态; 进气阀侧空间中的进气压力达到最大值的第四状态; 进气压力从恒定状态变到上升态的第五状态, 在此恒定态中, 进气压力随时间的经过是恒定的。

按照本发明第三方面的第九优选特征, 压力满足预定状态时的压力值包括至最大值和恒定值中的至少一个值。

按照本发明第三方面的第十优选特征或上述第八优选特征, 压力满足预定状态的时刻包括下列时刻中的至少一个时刻: 第一状态发生的时刻; 第二状态开始的时刻; 第三状态发生的时刻; 第四状态发生的时刻; 第五状态发生的时刻。

附图的简要说明

下面结合附图详细说明本发明的优选实施例, 由此可以更加理解本发明上述的和选择性的目的、特征和优点。

图 1 是 V6 型汽油发动机内部结构的有关部分的透视图, 该发动机由作为本发明第一实施例的发动机测试方法测试;

图 2 是图 1 所示 V6 型发动机的透视图, 该发动机的曲轴皮带轮和凸轮皮带轮具有缺陷;

图 3 是图 1 V6 型发动机的动力阀系统一部分的放大横截面图;

图 4 是发动机测试装置主要部分的示意图, 该测试装置可以实现作为本发明第一实施例的发动机测试方法;

图 5 是图 4 所示发动机测试装置的前视图;

图 6 是曲线图, 示出由图 4 的装置测得的活塞的位置变化 PP 和正常发动机气缸的排气与进气压力 P_{EX} 、 P_{IN} 分别与发动机曲轴的相位或角度 θ_{crank} 之间的关系;

图 7 是曲线图, 示出由图 4 的装置测得的正常发动机曲轴的曲轴参考信号的变化和在发动机所有气缸上测得的排气压力 P_{EX} 的相应变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 8 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的在正常发动机上的排气压力 P_{EX} 的变化和在缺陷为进气阀游隙小的发动机上的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 9 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的在正常发动机的排气压力 P_{EX}

的变化和缺陷为进气阀游隙大的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 10 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的在正常发动机的进气压力 P_{IN} 的变化、缺陷为进气阀游隙小的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化和缺陷为进气阀游隙大的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 11 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的在正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为排气阀游隙小的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 12 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为排气阀游隙大的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 13 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为遗漏压缩环的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 14 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化和缺陷为凸轮皮带轮处于快一齿状态的发动机所有气缸的排气压力 P_{EX} 的相应变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 15 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化和缺陷为凸轮皮带轮处于慢一齿状态的发动机所有气缸的排气压力 P_{EX} 的相应变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 16 是曲线图, 示出由图 4 装置测得的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化、正常发动机的进气压力 P_{IN} 的变化、缺陷为右凸轮皮带轮处于快一齿状态的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化、缺陷为右凸轮皮带轮处于慢一齿状态的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化、缺陷为曲轴皮带轮处于快一齿状态的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化和缺陷为曲轴皮带轮处于慢一齿状态的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系;

图 17 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为曲轴皮带轮处于慢一齿状态或凸轮皮带轮处于快一齿状态的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化;

图 18 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为曲轴皮带轮处于快一齿状态或凸轮皮带轮处于慢一齿状态的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化;

图 19 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化和缺陷为随动齿轮处于快一齿状态的发动机所有气缸的排气压力 P_{EX} 的相应变化;

图 20 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化和缺陷为随动齿轮处于慢一齿状态的发动机所有气缸的排气压力 P_{EX} 的的相应变化;

图 21 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化、正常发动机的进气压力 P_{IN} 的变化、缺陷为右随动齿轮处于快一齿状态的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化和缺陷为右随动齿轮处于慢一齿状态的发动机的进气压力 P_{IN} 的变化;

图 22 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为随动齿轮处于快一齿状态的发动机的排气压力 P_{EX} 的的变化;

图 23 是曲线图, 示出相对于曲轴角 θ_{crank} 的正常发动机的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为随动齿轮处于慢一齿状态的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化;

图 24 是一个表, 示出以下量的相应实际值: 排气压力最大值的差 α 、排气压力的恒定值的差 β 、排气压力的最大值的角度的差 Γ 、排气压力的恒定值开始的角度的差 Σ 、排气压力的下降开始的角度的差 Φ 、进气压力最大值的角度的差 Λ 和进气压力上升开始的角度的差 Ψ , 这些量均是在出现一个组装缺陷的情况下测得的, 与其它缺陷无关。

图 25 是流程图, 示出发动机测试程序的主程序, 该程序预先贮存在图 4 所示装置的缺陷检测器的 ROM (只读存储器) 中;

图 26 是图 4 装置的显示器的前视图;

图 27 是流程图, 示出在图 25 的流程图的程序步 S118 执行的缺陷判断子程序;

图 28 是一个图, 示出八种缺陷标志中各个标志的相应位, 该标志提供在图 4 装置的缺陷检测器的 RAM (随机存储器) 中;

图 29 是流程图，示出在图 27 流程图的程序步 S202 执行的曲轴皮带轮测试子程序；

图 30 是流程图，示出在图 27 流程图的程序步 S206 执行的凸轮皮带轮和随动齿轮测试 1 的子程序；

图 31 是流程图，示出在图 27 流程图的程序步 S210 执行的凸轮皮带轮和随动齿轮测试 2 的子程序；

图 32 是流程图，示出在图 27 流程图的程序步 S214 执行的阀门游隙和压缩环测试的子程序；

图 33 是流程图，示出本发明第二实施的另一种发动机测试方法中的另一个在图 25 流程图的程序步 S118 执行的缺陷判断子程序，该子程序用于代替图 27 流程图示出的子程序；

图 34 是流程图，示出在图 33 流程图的程序步 S700 执行的测试 1 的子程序；

图 35 是流程图，示出在图 33 流程图的程序步 S702 执行的测试 2 的子程序；

图 36 是流程图，示出在图 35 流程图的程序步 S908 执行的测试 2-1 的子程序；

图 37 是流程图，示出在图 35 流程图的程序步 S910 执行的测试 2-2 的子程序；

图 38 是流程图，示出在图 35 流程图的程序步 S916 执行的测试 2-3 的子程序；

图 39 是流程图，示出在图 33 流程图的程序步 S704 执行的测试 3 的子程序；

图 40 是一个图，示出在图 34 流程图的程序步 S802 应用的排气压力开始减小的角度差 Φ 的范围；

图 41 是一个图，示出在图 35 流程图的程序步 S904 应用的排气压力最大值的角度差 Γ 的范围；

图 42 是对应于图 4 的示意图，示出另一种发动机测试装置的主要部分，在该测试装置上可以实现本发明第三实施例的另一个发动机测试方法；

图 43 是曲线图，示出由图 42 的装置测得的发动机正常曲轴的曲轴

参考信号的变化、正常发动机右、左机组的排气压力 P_{EX} 的相应变化、缺陷为左凸轮皮带轮处于快一齿状态的发动机的右、左机组上测得的排气压力 P_{EX} 的相应变化和缺陷为左凸轮皮带轮处于慢一齿状态的发动机的右、左机组上测得的排气压力 P_{EX} 的相应变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系；

图 44 是曲线图，示出由图 42 的装置测得的正常发动机左机组的排气压力 P_{EX} 的变化、缺陷为左随动齿轮处于快一齿状态的发动机的左机组的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为左随机齿轮处于慢一齿状态的发动机的左机组的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系；

图 45 是曲线图，示出由图 42 的装置测得的发动机正常曲轴的曲轴参考信号的变化、正常发动机右、左机组的排气压力 P_{EX} 的相应变化、缺陷为左随动齿轮处于快一齿状态的发动机右、左机组的排气压力 P_{EX} 的相应变化和缺陷为左随动齿轮处于慢一齿状态的发动机右、左机组的排气压力 P_{EX} 的相应变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系；

图 46 是曲线图，示出由图 42 的装置测得的正常发动机左机组的排气压力 P_{EX} 的变化、缺陷为左随动齿轮处于快一齿状态的发动机左机组的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为左随动齿轮处于慢一齿状态的发动机左机组的排气压力 P_{EX} 的变化分别与曲轴角 θ_{crank} 之间的关系；

图 47 是一个表，示出下列量的相应实际值：排气压力最大值的角度差 Γ ；排气压力开始恒定的角度差 Σ 、排气压力最大值的差 α 和排气压力恒定值的角度差 β ，这些值是在各个凸轮皮带轮处于快一齿和慢一齿的状态与随动齿轮处于快一齿和慢一齿的状态的情况下测得的，与其它缺陷无关。

图 48 是曲线图，示出正常发动机的排气压力 P_{EX} 相对于曲轴角的变化和缺陷为排气阀有外来物卡住的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化，在作为本发明第四实施例的另一测试方法中利用了这两种变化；

图 49 是曲线图，示出正常发动机的排气压力 P_{EX} 相对于曲轴角的变化以及进气阀有外来物卡住的发动机的排气压力 P_{EX} 的变化；

图 50 是一个表，示出以下量的相应实际值：排气压力最大值的差 α ；排气压力恒定值的差 β 、排气压力最大值的角度差 Γ 、排气压力开始恒定的角度差 Σ 、排气压力开始下降的角度差 Φ 、进气压力最大值的角度差 Λ

和进气压力开始上升的角度差 ψ ，这些值均是在分别出现缺陷中一个缺陷时测得的，与其它缺陷无关，各个缺陷包括进气阀或排气阀有外来物卡着的缺陷；

图 51 是流程图，示出发动机测试程序的主程序，该主程序预先贮存在发动机测试装置的缺陷检测器的 ROM 中，在该装置上可以实施第四实施例的发动机测试方法；

图 52 是测试装置的显示器的前视图；

图 53 是流程图，示出在图 51 流程图的程序步 T106 调用的缺陷判断子程序；

图 54 是一个图，示出十个缺陷标志中各个标志的相应位，在缺陷标志位提供在测试装置缺陷检测器的 RAM 中；

图 55 是流程图，示出在图 53 流程图的程序步 T202 调用的曲轴皮带轮测试子程序；

图 56 是流程图，示出在图 53 流程图的程序步 T206 调用的凸轮皮带轮测试子程序；

图 57 是流程图，示出在图 53 流程图的程序步 T210 调用的随动齿轮测试子程序；

图 58 是流程图，示出在图 53 流程图的程序步 T214 调用的外来物卡往试验子程序；

图 59 是流程图，示出图 53 流程图的程序步 S218 调用的阀门游隙试验子程序；

图 60 是流程图，示出图 53 流程图的程序步 S222 调用的压缩环试验子程序；

图 61 是相当于图 4 的示意图，示出另一个发动机测试装置的主要部分，在该装置上可以实施作为本发明第五实施例的另一发动机测试方法；

图 62 是曲线图，示出正常发动机的活塞相对于曲轴角 θ_{crank} 的位置 PP 的变化以及发动机的进气压力 P_{IN} 的变化，这两种变化均是在发动机沿相反于其正常方向的方向转动时测得的；

图 63 是流程图，示出发动机测试程序的主程序，该程序预先贮存在发动机测试装置的缺陷检测器的 ROM 中，在该测试装置上可以实施第

五实施例的发动机测试方法;

图 64 是流程图, 示出图 63 流程图的程序步 T108 调用的外来物卡入试验子程序;

图 65 是曲线图, 示出右凸轮皮带轮处于快一齿状态的发动机各个气缸的排气压力最大值的角度相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、排气压力开始恒定的角度相对差 $\Delta\Sigma_i$ 和排气压力开始减小的角度相对差 $\Delta\Phi_i$, 作为本发明第六实施例的另一个发动机测试方法将采用这些量;

图 66 是一个图, 示出右凸轮皮带轮处于快一齿状态的发动机的相对差值 $\Delta\Gamma_i$ 的六个值;

图 67 是流程图, 示出发动机测试程序的主程序, 该程序预先贮存在发动机测试装置的缺陷检测器的 ROM 中, 在该测试装置上可以实施作为第六实施例的发动机测试方法;

图 68 是流程图, 示出图 67 流程图的程序步 U118 执行的缺陷判断子程序;

图 69 是一个图, 示出八个缺陷标志中各个标志的相应位, 该缺陷标志提供在测试装置的缺陷检测器的 RAM 中;

图 70 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U202 执行的随动齿轮快一齿测试子程序;

图 71 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U204 执行的排气阀小游隙测试子程序;

图 72 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U206 执行的凸轮皮带轮测试子程序;

图 73 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U208 执行的随动齿轮慢一齿和进气阀游隙的测试子程序;

图 74 是一个图, 示出图 73 流程图的程序步 U602 应用的参数 λ_i - $\Delta\Gamma_m$ 的范围;

图 75 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U210 执行的排气阀游隙大的测试子程序;

图 76 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U210 执行的另一个排气阀游隙大的测试子程序;

图 77 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U210 执行的再一个排气

阀游隙大的测试子程序;

图 78 是流程图, 示出图 68 流程图的程序步 U212 执行的压缩环测试子程序;

图 79 是一个表, 示出下列量的相应实际值: 排气压力最大值的有限差 δP_{EXmax} 、排气压力恒定值的有限差 $\delta P_{EXconst}$ 、排气压力最大值的角度的有限相对差 $\delta \Gamma$ 、排气压力开始恒定的角度的有限相对差 $\delta \Sigma$ 、排气压力开始下降的角度的有限相对差 $\delta \Phi$ 、进气压力最大值的角度的有限相对差 $\delta \Lambda$ 和进气压力开始增加的角度有限相对差 $\delta \psi$, 这些值是在凸轮皮带轮和随动齿轮出现缺陷中的各个单一缺点的情况下测得的, 与其它缺陷无关;

图 80 是一个表, 示出以下量的相应实际值: 排气压力最大值的有限差 δP_{EXmax} 、排气压力恒定值的有限差 $\delta P_{EXconst}$ 、排气压力最大值的角度有限相对差 $\delta \Gamma$ 、排气压力开始恒定的角度有限相对差 $\delta \Sigma$ 、排气压力开始减小的角度有限相对差 $\delta \Phi$ 、进气压力最大值的角度有限相对差 $\delta \Lambda$ 和进气压力开始增加的角度有限相对差 $\delta \psi$, 这些值均是在进气阀游隙、排气阀游隙和压缩环分别发生缺陷中一个缺陷时测得的, 与其它缺陷无关;

图 81 是流程图, 示出发动机测试程序, 该程序预先贮存在发动机测试装置的缺陷检测器中的 ROM 中, 在该测试装置上可以实施第七实施例的发动机测试方法。

实施本发明的最佳模式

下面说明本发明的已装配发动机的测试方法以及实施此测试方法最适用的已装配发动机的测试装置。

图 1 是作为内燃机的 V 型 6 缸双顶置凸轮轴 (DOHC) 汽油发动机的相关部分的透视图。发动机包括活塞 10、12, 各个活塞在相应气缸 (未示出) 中往复运动。活塞 10 代表 V6 发动机左机组 (即第一机组) 的三个活塞, 而活塞 12 代表该发动机的右机组 (即第二机组) 的三个活塞。各个活塞 10、12 的往复运动通过相应的连接杆 14 被转移成曲轴 18 的转动, 曲轴 18 的转动作为发动机的动力被输出。发动机具有动力阀系统 52, 包括排气阀 48 和进气阀 50, 各个阀的动作与曲轴 18 的转动同步。

V6 发动机具有凸轮轴转动机构 44，该机构包括固定在曲轴 18 上的曲轴皮带轮 20、同步（牙轮）皮带 22、左和右凸轮皮带轮 24 和 26、两个凸轮皮带轮 24 和 26 分别固定在其上面的两个排气凸轮轴 28 和 30、两个进气凸轮轴 32 和 34、分别固定在两个排气凸轮轴 28 和 30 上的两个传动齿轮 36 和 38 以及两个分别固定在两个进气凸轮轴 32 和 34 上的随动齿轮 40 和 42。动力阀系统 52 包括许多装在各个凸轮轴 28、30、32 和 34 上的凸轮 46。当凸轮轴转动时，这些凸轮 46 分别打开和关闭相应的排气阀和进气阀 48 和 50。

当曲轴 18 转动时，排气和进气阀 48、50 便通过曲轴皮带轮 20、同步皮带 22、凸轮皮带轮 24、26、凸轮轴 28、30、32 和 34 以及凸轮 46 操作。因此，如果同步皮带 22 松了，则各个阀 48、50 的打开和关闭时刻将改变。利用皮带张紧轮 54 可以防止此问题，该张紧轮包括自动张紧装置（未示出）和附加的皮带张紧轮 56、58，此张紧轮不包括任何自动张紧装置。这些皮带张紧轮 54、56 和 58 可以有效地增加同步皮带、曲轴皮带轮 20 和凸轮皮带轮 24 与 26 中各个的啮合齿的数目。两个随动齿轮 40、42 分别与两个“剪刀形”齿轮 60、62 相结合，使得两个剪刀形齿轮 60、62 可分别相对于两个进气凸轮轴 32、34 转动。各个剪刀形齿轮 60、62 受到弹簧件（未示出）的偏压，偏压方向是剪刀形齿轮 60、62 相对于相应随动齿轮 40、42 和相应进气凸轮轴 32、34 转动的方向。因此可以有效地防止传动齿轮和随动齿轮 36、38、40、42 之间的回闪并有效地减少发动机产生的噪声。

排气阀和进气阀 48、50 中的各个阀的打开和关闭时刻应当分别准确地对应于曲轴 18 的特定角相位。因为用本实施例测试的 V6 发动机是四冲程汽油发动机，所以曲轴皮带轮 20 的齿数与凸轮皮带轮 24、26 的齿数之比为 1 : 2。具体是，曲轴皮带轮的齿数是 24，而各个凸轮皮带轮的齿数是 48。各个传动齿轮 36、38 的齿数与各个随动齿轮的齿数之比是 1 : 1。各个齿轮的齿数是 40。

当用各种部件或构件组装发动机时，重要的是要求排气和进气阀 48、50 中的各个阀的打开和关闭时刻分别准确地对应于预定的曲轴 18 的角相位。为此，在曲轴皮带轮 20、凸轮皮带轮 24、26 和同步皮带 22 上形成相位调节标记“·”、“- -”、“-”，如图 1 的局部放大图

所示,并且在组装这些部件时使这些标记彼此准直。传动和随动齿轮36、38、40、42同样以此种方法彼此啮合。然后,如果没有恰当地执行相位调节步骤,则各个阀48、50不能准确地在曲轴18的预定角相位打开或关闭。例如,如图2的局部放大图所示,曲轴皮带轮20比同步皮带22“快”一个齿,则各个阀48、50的打开和关闭时刻折合为曲轴18的角相位将比在相应气缸(未示出)中相应活塞的相应位置“慢” 15° 角($=360^{\circ}/24$)。

另外,如图2的另一放大图所示,如果左凸轮皮带轮24比同步皮带22快一个齿,则左机组的各个阀48、50的打开和关闭时刻折合成左排气凸轮轴28的角相位将比相应气缸中相应活塞的相应位置快 7.5° 角($=360^{\circ}/48$)。另外,如图2的再一放大图中所示,如果右随动齿轮42比传动齿轮38快一个齿,则右机组的各个阀48、50的打开和关闭时间的合成右进气凸轮轴34的角相位将比对应气缸中对应活塞的相应位置快 9° 角($=360^{\circ}/40$)。曲轴皮带轮20可以比同步皮带22慢一个齿,左或右凸轮皮带轮24、26可以比同步皮带22慢一个齿,左或右随动齿轮40、42可以比左或右传动齿轮36、38慢一个齿。在很少见的情况下,曲轴皮带轮20可以比同步皮带22快或慢一个齿以上,左或右凸轮皮带轮24、26可以比同步皮带22快或慢一个齿以上,而左或右随动齿轮40、42可以比左或右传动齿轮36、38快或慢一个齿以上。虽然本发明的原理适用于一个部件比另一个部件快或慢一个齿以上的各种情况,但是在以下的说明中假定,一个部件比另一个部件刚好只快或慢一个齿,以便更容易地理解本发明。

曲轴18和曲轴皮带轮20被设计成这两个部件18、20可以彼此连接起来,而彼此没有相对角误差。因此即使曲轴20比同步带22快或慢,则两个部件20、22之间没有角误差。对于各个排气凸轮轴28、30和对应的凸轮皮带轮24、26之间的关系以及各个进气凸轮轴32、34和对应的随动齿轮40、42之间的关系也属于这种情况。

除非排气和进气阀48、50中的各个阀的打开和关闭时刻准确地对应于规定的曲轴18的角相位,发动机不能展现其规定的性能。因此,采用上述相位调节标记装配凸轮轴传动机构44。另外,重要的是要求各个排气阀48的打开和关闭时刻准确地对应于动力阀系统52的对应排气凸

轮轴 28、30 的规定的角相位以及各个进气阀 50 的打开和关闭时刻准确地对应于该系统 52 的对应进气凸轮轴 32、34 的规定的角相位。为此,各个阀 48、50 的“游隙”必须准确或正确。各个阀 48、50 的游隙被定义为固定于阀的起阀器 70 上的垫片 72 和对应凸轮 46 之间的最大距离。这种阀的游隙受到垫片 72 的厚度或固定于气缸盖 76 上支座件 74 的厚度的影响,如图 3 所示。因此,如果这些参数中的一个或两个是不正确的,则会造成阀的游隙不正确。如果各个阀 48、50 的游隙太大,则阀的打开时刻迟延,而关闭时刻提前;另一方面,如果太小,则相反,即各个阀 48、50 的打开时间提前,而关闭时间迟延。

下面说明已组装发动机的测试装置,该装置用于检测曲轴皮带轮 20 的快或慢的状态、各个凸轮皮带轮 24、26 的快或慢的状态、各个随动齿轮 40、42 的快或慢的状态、各个阀 48、50 的游隙的大或小以及压缩环 144 (图 4 的 136、138) 的泄漏。

图 4 是发动机测试装置的示意图。由测试装置测试的内燃机 90 (为简单起见仅示出其右机组) 包括左、右机组的六个气缸座 76、两个进气歧管 94 和一个缓冲箱 96。两个进气歧管 94 分别装在左、右机组上,各个进气歧管 94 与对应机组的三个气缸 (或三个气缸座 76) 的相应进气部分 92 连通。缓冲箱 96 与两个进气歧管 94 连通。该测试装置包括一个所有气缸共用的第一压力传感器 98、6 个盖部件 102、6 个 O 形环 104、6 个第二压力传感器 106、一个第一 A/D (模拟/数字) 转换器 110、6 个第二 A/D 转换器 112、曲轴角传感器 114 和控制装置 119。第一压力传感器 98 测量缓冲箱 96 中的压力。各个盖部件 102 装在对应气缸 (或气缸座) 的排出口 100 上,以便关闭出口 100 的内空间,使该内空间与环境空气隔离。每个 O 形环 104 用于改进对应盖部件 102 和对应排气口 100 之间的气密性。各个第二压力传感器 106 测量对应气缸的排出口 100 中的压力。第一 A/D 转换器 110 包括放大第一传感器 98 输出信号的放大器,而各个第二 A/D 转换器 112 包括放大对应第二传感器 106 输出信号的放大器。曲轴角传感器 114 检测曲轴 18 的角相位。

控制装置 119 包括微计算机 (未示出), 该微机包括 CPU (中央处理器)、ROM (只读存储器) 和 RAM (随机存储器), 该微机起作缺陷检测器 117 的作用, 用于根据经 A/D 转换器 110、112 从压力传感器

98、106 输出的输出信号和从曲轴角度传感器 114 输出的输出信号检测组装发动机 90 的缺陷。控制装置 119 还另外包括用于显示缺陷检测器 117 检测结果的显示器 118。进气口 92 的内部空间、进气歧管 94 和缓冲箱 96 彼此配合，形成进气阀外侧空间，该空间与进气阀 50 连通；排气口 100 的相应内侧空间中的各个空间形成与对应一对进气阀 50 相通的排气阀外侧空间。各个排气阀外侧空间通过关闭对应气缸的气缸盖 76 的排气口 100 的出口而形成。在本实施例中进气阀侧空间不关闭。但是它可以关闭。换言之，进气阀侧空间仅由各个进气口 92 的内部空间构成或由进气口 92 和进气歧管 94 的相应内部空间构成。在第一种情况下，需要其数目等于气缸数目的六个第一压力传感器 98，而在第二种情况下，需要其数目等于进气歧管 94 数目的两个第一压力传感器 98。

如图 5 所示，待测试的发动机 90 固定在基座 120 上，并用驱动马达 125 使其准确地以恒定速度转动，该马达通过连接件 122 和驱动轴 124 连接于发动机 90 的曲轴 18 上。驱动轴 124 由固定在基座 120 上的轴承 126、128 支承。当马达在控制装置 119 的控制下转动时，发动机 90 在“冷”状态下转动，压力传感器 98、106 将其输出信号送到控制装置 119，使得缺陷检测器 117 可以检测组装发动机 90 的缺陷。

当驱动马达 125 转动发动机 90 时，各个阀 48、50 随曲轴 18 角相位的变化而打开和关闭。当马达 125 的转速达到恒定，因而 6 个气缸中的相应压力定期周期性变化时，如果发动机 90 没有组装缺陷或故障，则第一和第二压力传感器 98、106 的相应输出按图 6 所示的曲线变化。图 6 示出对应气缸（图中用 # 1 表示）中活塞 10 的位置 PP 变化、对应于 # 1 号气缸的由对应第二压力传感器 106 检测的排气压力 P_{EX} 的变化和所有六个气缸 # 1 ~ # 6 共有的由第一传感器 98 检测的进气压力 P_{IN} 的变化。发动机 90 是 V6 型发动机，在其左机组中具有三个气缸 # 1、# 3、# 5，而在其右机组中具有三个气缸 # 2、# 4、# 6。气缸 # 2 与活塞 12 连接。当 V6 型发动机 90 因为在六个气缸 # 1 ~ # 6 中的活塞工作冲程或燃烧而在“热”状态下自动转动时，在气缸 # 1 ~ # 6 中顺序地发生燃烧，例如按说明的顺序。

下面首先说明排气压力 P_{EX} （# 1）的变化。当由角度传感器 114 检测的曲轴角 θ_{crank} 随着马达 125 转动曲轴 18 而达到角度 θ_{EXopen} 时，

连接于气缸#1的排气阀48开始打开。此时活塞10向其下死点BDC移动,在排气口100中的空气开始进入气缸#1。因此排气压力 P_{EX} 从排气压力为恒定值 $\theta_{EXconst}$ 的恒定状态变化到降低状态。等于 θ_{EXopen} 的曲轴角 θ_{crank} 称作排气压力开始下降角 θ_{EXdec} 。在活塞10通过其下死点位置BDC并回到与阀门48开始打开时刻的位置相同的位置时,在气缸#1和排气口100中的空气便被压缩,因而排气压力 P_{EX} 开始上升。当角度 θ_{crank} 达到角度 θ_{INopen} 时排气压力 P_{EX} 达到最大值 θ_{EXmax} ,进气阀50开始打开。等于角度 θ_{INopen} 的角度 θ_{crank} 称为排气压力最大值角度 θ_{EXmax} 。随后,进气阀50打开之后,排气压力 P_{EX} 很快降低,然后在角度 θ_{crank} 达到 $\theta_{EXclose}$ 角度时变成恒定的,并且排气阀48关闭。等于角度 $\theta_{EXclose}$ 的角度 θ_{crank} 称为排气压力恒定开始角 $\theta_{EXconst}$ 。在排气阀48关闭的同时,排气压力 P_{EX} 达到恒定值 $\theta_{EXconst}$ 。随后,当角度 θ_{crank} 达到角度 $\theta_{INclose}$ 时,进气阀50关闭。在以下的说明中假定,在没有任何组装缺陷的正常发动机上测得的最大排气压力值 P_{EXmax} 等于100。排气和进气压力值 P_{EX} , P_{IN} 则折合成相对于最大值 $P_{EXmax} = 100$ 的值。例如正常发动机的恒定排气压力值 $P_{EXconst}$ 为约10。驱动马达125的转速可选择为任何要求的恒定值,或如果需要,可以在单独一次测试中改变到两个或更多的值。

分别彼此独立地测量6个气缸#1~#6的6个排气压力。测量所有气缸#1~#6共有的单一进气压力。图6示出对应于6个气缸#1~#6的六对进气阀分别打开和关闭的进气压力 P_{IN} 的六个变化。这六个变化在曲轴角 θ_{crank} 的每个周期中(一个周期为 720°)以规定的角度间隔顺序出现。下面说明对应于气缸#1的一对进气阀50的打开和关闭的进气压力 P_{IN} 的变化,该气缸#1可以作为所有气缸#1~#6的代表。

当曲轴(“CS”)角 θ_{crank} 达到角 θ_{INopen} 时,进气阀50开始打开。因此在第一气缸#1和排气口100中的压缩空气流入进气歧管94,此时歧管94中的压力开始增加。虽然在此时歧管94的空气正被吸入到第六气缸#6,但从歧管94流入气缸6的空气流量小于从气缸#1和排气口100流入歧管94的空气流量,因而歧管94中的压力开始上升。等于 θ_{INopen} 的角度 θ_{crank} 称为进气压力开始上升的角度 θ_{INinc} 。从气缸#1和排出口100流入歧管94的空气流量逐步减小,因为在气缸#1和

排气口 100 中的压力减小和一对排气阀 48 的相应游隙减少, 当气缸 # 1 的活塞达到靠近上死点位置 TDC 的位置 PP 时, 该流量正好与从歧管 94 进入气缸 # 6 的空气流量达到平衡。随后, 前一流量的流量变成小于后一流量的流量。在此时的 CS 角 θ_{crank} 称作进气压力最大值角 θ_{INmax} 。在气缸 # 1 的活塞位置 PP 达到上死点位置 TDC 时, 气缸 # 1 的体积开始增加。这种增加导致进气压力 P_{IN} 减小。图 6 示出进气压力 P_{IN} 包括六个变化, 其中每个变化均以上述方式以规定的 120° 的角度 θ_{crank} 的间隔出现。

在发动机 90 是一般发动机的情况下, 即正常装配的发动机的情况下, 由六个第二压力传感器 106 输出的六个排气压力信号 P_{EX} 和由 CS 角传感器 114 输出的曲轴 (“ CS ”) 参考信号均相对于 CS 角 θ_{crank} 发生变化, 如图 7 的曲线所示。CS 参考信号是脉冲信号, 每周期即每 720° 的角 θ_{crank} 包括两个脉冲。在本实施例中, CS 角传感器 114 包括: 装在同步滚轮 (未示出) 外周表面上一个位置上的穿行件, 该滚轮与曲轴皮带轮 20 形成整体; 拾取装置例如电磁拾取装置, 该装置检测穿行件穿过的时刻。然而, 本发动机测试方法采用那种传感器是不重要的。近来几乎所有发动机均装有相当于传感器 114 的这种传感器, 虽然这些传感器可以配置在不同位置。当在没有这种传感器的发动机上实施本方法时, 可以应用反射式光电开关或接近开关来检测曲轴皮带轮 20 或正转动的曲轴 18 的角相位。六个排气压力信号 P_{EX} 以大体相同的方式变化, 虽然这些变化以规定的角度 θ_{crank} 的角间隔即 120° 的间隔出现。当发动机 90 显示出如图 7 所示的信号时, 该发动机 90 是正常的发动机, 即没有快的或慢的曲轴皮带轮、没有快的或慢的凸轮皮带轮、没有快的或慢的随动齿轮、没有较大的或较小的游隙或没有压缩环泄漏。

缺陷检测器 117 依次测量 SC 角传感器 114 输出的 CS 参考信号的对相继脉冲之间的时间间隔, 并在测量的时间间隔基本上达到恒定时可以确定发动机 90 的转速是稳定或恒定的。然后, 缺陷检测器 117 在很小的规定的时间间隔内读入压力传感器 98、106 经 A/D 转换器 110、112 输出的相应压力信号, 并分析这些压力信号相对于压力和时间的相应变化。因而缺陷检测器 117 具有判断排气压力 P_{EX} 和进气压力 P_{IN} 的预定状态的功能, 预定状态例如为排气压力的恒定值 P_{EXconst} 、排气压力 P_{EX} 下降的开始、排气压力最大值 P_{EXmax} 、排气压力恒定值 P_{EXconst} 的

开始、进气压力 P_{IN} 上升的开始、进气压力的最大值 P_{EXmax} 等, 并且还具有确定这些预定状态出现的相应时间的功能。另外, 根据 CS 参考信号和 CS 角 θ_{crank} 之间的关系即参考信号的两个脉冲之间的时间间隔的两倍相当于 θ_{crank} 角的 720° , 缺陷检测器 117 可以确定排气压力开始下降角 θ_{EXdec} 角、排气压力最大值角 θ_{EXmax} 、排气压力开始恒定角 $\theta_{EXconst}$ 、进气压力开始上升角 θ_{INinc} 、进气压力最大值角 θ_{INmax} 等。因为缺陷检测器 117 的功能以在先有技术中的波形分析技术而众所周知, 而且这些功能的细节对于理解本发明不是重要的, 所以不再进一步说明。

下面说明在发动机上出现不同缺陷中的各种缺陷时排气压力 P_{EX} 或进气压力 P_{IN} 的变化。在以下说明中, 在涉及发动机有缺陷时测得的压力 P_{EX} 、 P_{IN} 和 CS 角 θ_{crank} 的各个值时加上符号(右上角加一撇)“'”, 以便与正常发动机的值相区别。

下面首先说明进气阀 50 有游隙的缺陷。

图 8 用实线示出气缸的两个进气阀 50 中的各个进气阀具有正确游隙时各个气缸的排气压力的变化, 用虚线示出两个进气阀 50 中的一个具有正确的游隙而另一个游隙太小时排气压力 P_{EX}' 的变化。在进气阀游隙小的情况下, 进气阀 50 开始打开太早, 因此缺陷检测器 117 确定排气压力最大值角 θ_{EXmax}' , 该角小于正常的或参考角 θ_{EXmax} 。两个角度 θ_{EXmax}' 和 θ_{EXmax} 之间的差称作排气压力最大值的角度差 Γ (等于 $\theta_{EXmax}' - \theta_{EXmax}$)。当进气阀游隙小于正确值时, 该差值 Γ 为负值。

进气阀游隙与正确值比越小, 差值 Γ 越小。因为当阀游隙小于正确值时进气阀 50 开始打开比较早, 所以由气缸中活塞压缩的空气压力低于正常压力, 因而缺陷检测器 117 确定排气压力最大值 P_{EXmax}' , 该值比正常值或参考值 P_{EXmax} 小差值 α 的绝对值。另外, 因为排气压力最大值 P_{EXmax}' 较小, 同时在两个进气阀 50 中的一个阀打开之后和排气阀 48 关闭之前的延续时间较长, 所以检测器 117 确定排气压力恒定值 $P_{EXconst}'$, 该值比正常值或参考值 $P_{EXconst}$ 小差值 β 的绝对值。在图 8 所示的例子中, 当活塞在气缸中运动和气缸的体积增加时, 在进气歧管 94 中的空气被抽吸到气缸中。因此排气压力恒定值 $P_{EXconst}'$ 为负值。进气阀游隙越小, 和差值 Γ 一样差值 α 、 β 便越小。以后将差值 α (等于

$P_{EXmax}' - P_{EXmax}$)称作排气压力最大值差,将差值 β (等于 $P_{EXconst}' - P_{EXconst}$) 称作排气压力恒定值差。因为差值 α 、 β 、 Γ 可以为正值和负值, 所以为了更容易理解, 只要情况允许在下面的说明中使用这些差值的绝对值。这同样适用于下面将说明的其它角度差值。

图9是曲线图,用实线示出气缸的两个进气阀50中各个进气阀具有正确游隙时各个气缸排气压力 P_{EX} 的变化,用虚线示出两个进气阀50中一个阀具有正确游隙但另一阀的游隙太大的排气压力 P_{EX} 的变化。在进气阀游隙大的情况下,进气阀50开始打开较晚。因此缺陷检测器117确定排气压力最大值角 θ_{EXmax}' , 该值比正常值或参考角 θ_{EXmax} 大差值 Γ 的绝对值。另外, 因为由气缸中活塞压缩的空气压力高于正常压力, 所以缺陷检测器117认出排气压力最大值 P_{EXmax}' , 该值比参考值 P_{EXmax} 大差值 α 的绝对值。另外, 因为排气压力的最大值 P_{EXmax}' 较大, 同时两个进气阀50中的一个阀打开之后和排气阀48关闭之前的延续时间较短, 所以检测器117认出排气压力恒定值 $P_{EXconst}'$, 该值比参考值 $P_{EXconst}$ 大差值 β 的绝对值。

图10是曲线图,表示各个气缸的两个进气阀50的各个进气阀具有正确游隙时进气压力 P_{IN} 的变化、当两个进气阀50中的一个具有正确游隙但另一阀的游隙太小时(以后简化为“进气阀游隙小时”)进气压力 P_{IN} 的变化和在两个进气阀50中一个具有正确的游隙但另一阀的游隙太大时(以后简化为“进气阀游隙大时”)进气压力 P_{IN} 的变化。因为气缸#1的两个进气阀50中的一个阀的打开时刻变化, 所以检测器117认出进气压力最大值角 θ_{INmax}' , 该值与参考值 θ_{INmax} 相差差值 Λ 。差值 Λ (等于 $\theta_{INmax}' - \theta_{INmax}$) 称为进气压力最大值角差。另外, 检测器117认出进气压力开始增加的角度 θ_{INinc}' , 该角与参考值 θ_{INinc} 相差差值 ψ , 象差值 Λ 一样。该差值 ψ (等于 $\theta_{INinc}' - \theta_{INinc}$) 称作进气压力开始增加的角差值。进气阀游隙越小或越大, 则象差值 Γ 、 α 、 β 一样, 差值 Λ 、 ψ 越小或越大。

下面说明排气阀48的游隙的缺陷。

图11是曲线图,用实线示出气缸的两个排气阀48中各个排气阀具有正确游隙时各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化和用虚线示出两个排气阀48中的一个排气阀具有正确游隙但另一排气阀游隙太小时(以后简化为

“当排气阀游隙小时”) 排气压力 P_{EX} 的变化。当排气阀游隙小时, 其它排气阀开始打开较早。因此检测器 117 认出排气压力开始减小角 θ_{EXdec}' , 该角比参考角 θ_{EXdec} 小差值 Φ 。差值 Φ (等于 $\theta_{EXdec}' - \theta_{EXdec}$) 称作排气压力开始减小的角度差。另外, 检测器 117 认出排气压力开始恒定的角 $\theta_{EXconst}'$, 该角比参考值 $\theta_{EXconst}$ 大差值 Σ 。该差值 Σ (等于 $\theta_{EXconst} - \theta_{EXconst}'$) 称作排气压力开始恒定的角差。两个差值 Φ 、 Σ 基本上彼此相等。因为排气阀 48 关闭较晚, 所以检测器 117 认出排气压力恒定值 $P_{EXconst}'$, 该值比参考值 $P_{EXconst}$ 大差值 β 的绝对值。另外, 因为输送到排气口 100 的空气量较小, 所以检测器 117 认出排气压力最大值 P_{EXmax}' , 该值比参考值 P_{EXmax} 小差值 α 的绝对值。

图 12 是曲线图, 用实线示出两个排气阀 48 中各个排气阀具有正确游隙时各个气缸排气压力 P_{EX} 的变化和用虚线示出两个排气阀 48 中的一个排气阀具有正确游隙而另一个阀游隙太大时 (以后称作为“排气阀游隙大时”) 排气压力 P_{EX} 的变化。当排气阀游隙大时, 另一个排气阀 48 打开较迟而关闭较早。但是该一个排气阀 48 正常打开和关闭。因此缺陷检测器 117 认出排气压力开始下降角、最大值角和开始恒定角 θ_{EXdec}' 、 θ_{EXmax}' 、 $\theta_{EXconst}'$, 这些角基本上分别与参考值 θ_{EXdec} 、 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ 相同。但是因为游隙大的排气阀 48 关闭较早, 所以检测器 117 认出排气压力恒定值 $P_{EXconst}'$, 该值比参考值 $P_{EXconst}$ 大差值 β 。另外, 因为进入排气口 100 的空气量较大, 所以检测器 117 认出排气压力最大值 P_{EXmax}' , 该值比参考值 P_{EXmax} 大差值 α 。排气阀游隙的缺陷不会显著影响进气压力开始增加角 θ_{INinc} 或进气压力最大值角 θ_{INmax} 。

下面说明压缩环 144 的遗漏。

如图所示, 各个气缸的活塞有活塞环 134, 该环包括顶环 136、第二环 138 和油环 140。顶环 136 和第二环 138 互相配合形成压缩环 144, 该环使活塞和气缸之间保持气密性, 因而保持发动机 90 的操作性能。如果顶环 136 和第二环 138 中的至少一个环遗漏, 测压缩环 144 的保持活塞和空气气缸之间气密性的作用将降低。因而缺陷检测器 117 认出排气压力最大值 P_{EXmax}' 的绝对值小于参考值 P_{EXmax} , 并认出排气压力

最大值角和开始恒定角 θ_{EXmax}' 、 $\theta_{EXconst}$ ，这些角基本上分别与参考值 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ 相同。

图 13 是曲线图，示出两个环 136、138 均正常装在活塞上时各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化和两个环 136、138 中任一环泄漏时（以后简化为“出现压缩环泄漏时”）排气压力 P_{EX} 的变化。当出现压缩环泄漏时，检测器 117 认出排气压力最大值 P_{EXmax}' ，该值比参考值 P_{EXmax} 小差值 α 的绝对值。当两个环 136、138 均泄漏时，检测器 117 可以通过辨认出更小的排气压力最大值 P_{EXmax}' 而发现泄漏。然而，当发现泄漏两个环 136、138 中的任一环泄漏时，便要拆开发动机 90，然后再装上。因此检测器 117 不需要找出两个环 136、138 均漏失的缺陷。

下面说明凸轮皮带轮 24、26 的快或慢的状态和曲轴皮带轮 20 的快或慢的状态。

图 14 示出当凸轮皮带轮 24、26 中的一个轮 26 比正常的另一个凸轮皮带轮 24 快一个齿时对应于六个活塞或气缸 # 1 ~ # 6 的六个排气压力 P_{EX} 的相应变化。图 15 示出凸轮皮带轮 24、26 中一个轮 26 比正常的另一个凸轮皮带轮 24 慢一个齿时对应于六个气缸 # 1 ~ # 6 的六个排气压力 P_{EX} 的相应变化。在这些情况下，检测器 117 辨认出偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的相应的排气压力开始减小角、最大值角和开始恒定角 θ_{EXdec}' 、 θ_{EXmax}' 、 $\theta_{EXconst}'$ 分别不同于参考值 θ_{EXdec} 、 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ 。由此可以理解，当左、右机组的各自凸轮皮带轮 24、26 中仅有一个轮快或慢时，所有奇数或偶数气缸 # 1、# 3、# 5 或 # 2、# 4、# 6 的所有角 θ_{EXdec}' 等均分别不同于参考值 θ_{EXdec} 、 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ 。

当曲轴皮带轮 20 快或慢时，检测器 117 辨认出所有气缸 # 1 ~ # 6 的相应排气压力开始降低角、最大值角和开始恒定角 θ_{EXdec}' 、 θ_{EXmax}' 、 $\theta_{EXconst}'$ 分别不同于参考值 θ_{EXdec} 、 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ ，象在两个凸轮皮带轮 24、26 均慢或快时一样。即，当曲轴皮带轮 20 快时，角度 θ_{EXdec}' 等均不同于参考值 θ_{EXdec} 等，象在两个机组的两个凸轮皮带轮 24、26 均慢一样，反之亦然。具体是，当曲轴皮带轮 20 慢一齿时，对应于气缸 # 1 ~ # 6 的所有排气压力 P_{EX} 均象图 14 所示的偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的排气压力一样地变化，并且，当

曲轴皮带轮 20 慢一齿时, 对应于气缸 # 1 ~ # 6 气缸的所有排气压力 P_{EX} 均象图 15 所示偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的排气压力一样地变化。

图 16 示出右凸轮皮带轮 26 快一齿时进气压力 P_{IN} 的变化、右凸轮皮带轮 26 慢一齿时进气压力 P_{IN} 的变化、曲轴皮带轮 20 快一齿时进气压力 P_{IN} 的变化和曲轴皮带轮 20 慢一齿时进气压力 P_{IN} 的变化。当右凸轮皮带轮 26 快或慢一齿时, 代表偶数气缸 # 2、# 4、# 6 相应打开和关闭的排气压力的相应变化出现在与参考角不同的角度。另一方面, 当曲轴皮带轮 20 快或慢时, 显示所有气缸 # 1 ~ # 6 分别打开和关闭的进气压力的相应变化出现在不同于参考角的角度。

图 17 示出曲轴皮带轮 20 慢一个齿时各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化, 或当凸轮皮带轮 24、26 中对应于一个气缸的一个轮快一个齿时该一个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化。在这种情况下, 缺陷检测器 117 确定排气压力开始降低角、最大值角和开始恒定的角 θ_{EXdec}' 、 θ_{EXmax}' 、 $\theta_{EXconst}'$, 这些角分别比参考值 θ_{EXdec} 、 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ 小差值 Φ 、 Γ 、 Σ , 并确定这些差值 Φ 、 Γ 、 Σ 基本上彼此相等。进气阀 50 开始打开较早, 即如图 6 所示, 当活塞靠近下死点位置 BDC 时开始打开。因此检测器 117 确定比参考值 P_{EXmax} 小差值 α 的绝对值的排气压力最大值 P_{EXmax}' 。然而检测器 117 可确定基本上与参考值 $P_{EXconst}$ 相同的排气压力恒定值 $P_{EXconst}'$ 。

在凸轮皮带轮 24、26 快一齿的情况下, 差值 Φ 、 Γ 、 Σ 等于对应于凸轮皮带轮 24、26 一个齿的负角度, 即折合成凸轮皮带轮 24、26 的转角为 7.5° (等于 $-360^\circ/48$ (齿))。该角度折合为曲轴 20 的转动角相当于 15° 。而在曲轴皮带轮 20 慢一齿的情况下, 差值 Φ 、 Γ 、 Σ 等于对应于曲轴皮带轮 20 一个齿的负角度, 即折合成曲轴皮带轮 20 的转动角为 -15° (等于 $-360^\circ/48$ (齿))。就右机组的气缸 # 2、# 4、# 6 而言, 不管是在右凸轮皮带轮 26 快一齿还是在曲轴皮带轮 20 慢一齿时, 排气压力均以相同方式变化。因此, 检测器 117 判定对应于右机组的三个气缸 # 2、# 4、# 6 的排气压力 P_{EX} 在上述两个情况下基本上取同样的最大值 P_{EXmax} 和同样的最大值角度差 Γ 。

图 18 示出曲轴皮带轮 20 快一齿时六个气缸 # 1 ~ # 6 中各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化和对应于凸轮皮带轮 24、26 中慢一齿的一个皮

带轮的二个气缸中各个气缸的排气压力的变化。在这种情况下，缺陷检测器 117 确定比参考值 θ_{EXdec} 、 θ_{EXmax} 、 $\theta_{EXconst}$ 分别大差值 Φ 、 Γ 、 Σ 的绝对值的排气压力开始减小角、最大值角和开始恒定的角 θ_{EXdec}' 、 θ_{EXmax}' 、 $\theta_{EXconst}'$ ，并确定这些差值 Φ 、 Γ 、 Σ 基本上彼此相等。

气缸的进气阀 50 开始打开的时间晚于正常情况的时间，如图 6 所示，当活塞靠近其上死点位置 TDC 时进气阀 50 开始打开。因此检测器 117 确定比参考值 P_{EXmax} 大差值 α 的绝对值的排气压力最大值 P_{EXmax}' 。然而检测器 117 可以确定与参考值基本上相同的排气压力恒定值 $\theta_{EXconst}$ 。

当曲轴皮带轮 20 快一齿或凸轮皮带轮 24、26 中一个皮带轮慢一齿时，差值 Φ 、 Γ 、 Σ 等于对应于凸轮皮带轮 24、26 的一个齿的正角度，即折合成凸轮皮带 24、26 的转角为 7.5° （等于 $360^\circ/48$ （齿）），折合成曲轴皮带轮 20 的转角为 15° （等于 $360^\circ/24$ （齿））。至于右机组的气缸 # 2、# 4、# 6，不管是在右凸轮皮带轮 26 是慢一齿还是在曲轴皮带轮 20 快一齿时，排气压力均以相同的方式变化。因此检测器 117 判断出，在上述两个情况下，右机组的三个气缸 # 2、# 4、# 6 的相应排气压力基本上取同样的最大值 P_{EXmax} 和同样的最大值角度差 Γ 。

下面说明随动齿轮 40、42 中一个齿轮快或慢一齿的情况。

图 19 是曲线图，示出 CS 参考信号和右随动齿轮 42 快一齿时六个排气压力 P_{EX} 的相应变化，图 20 是曲线图，示出 CS 参考信号的变化和右随动齿轮 42 慢一齿时六个排气压力 P_{EX} 的相应变化。从这些图可以明显看出，右机组的三个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化不同于正常气缸的排气压力的变化。下面进行更详细说明。

图 21 是曲线图，示出右随动轮 42 快一齿或慢一齿时进气压力 P_{IN} 的变化。从图中可以明显看到，当右随动齿轮 42 快一齿时，检测器 117 可确认偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的相应进气压力最大值角和开始增加角 θ_{INmax}' 、 θ_{EXinc}' 分别小于参考值 θ_{INmax} 、 θ_{EXinc} 。相反，当右随动齿轮 42 慢一个齿时，检测器 117 可确认偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的相应进气压力最大值角 θ_{INmax}' 大于参照值 θ_{INmax} 。另一方面，当左随动齿轮 40 快或慢一个齿时，检测器 117 可确认对应于奇数气缸 #

1、# 3、# 5 的进气压力 P_{IN} 的相应变化不同于正常发动机的进气压力的变化。

图 22 是曲线图，示出发动机 90 没有缺陷时六个气缸中各个气缸的排气压力的变化和右随动齿轮 42 快一个齿时右机组三个气缸中各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化。随动齿轮 42 确定右机组进气阀 50 打开和关闭的时刻。因为齿轮 42 快一个齿，所以检测器 117 可确认排气压力最大值角 θ_{EXmax}' ，该角比参考值 θ_{EXmax} 小一个相当于齿轮 42 一个齿的角度。因为在本实施例中，齿轮 40、42 的齿数 40、42 是 40，所以该角折合成齿轮 42 的转角是 9° （等于 $360^\circ/40$ （齿））。该角折合成曲轴皮带轮 20 的转角时相当 18° 。检测器 117 可确认出偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的相应排气压力最大值和恒定值 P_{EXmax}' 、 $P_{EXconst}'$ 分别比参考值 P_{EXmax} 、 $P_{EXconst}$ 小差值 α 、 β 的绝对值。另外，检测器 117 确认相应的比参考值 $\theta_{EXconst}$ 小差值 Γ 的排气压力开始恒定角 $\theta_{EXconst}'$ ，在正常发动机中，角度 $\theta_{EXconst}$ 对应于排气阀 48 的关闭。但是，当随动齿轮 42 快一个齿时，排气压力最大值角 θ_{EXmax}' 均小于参考值 θ_{EXmax} ，因此在排气阀 48 关闭之前排气压力 P_{EX} 便与气缸中的相应压力达到平衡。

图 23 是曲线图，示出发动机 90 没有缺陷时六个气缸中各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化和右随动齿轮 42 慢一个齿时右机组三个气缸中各个气缸的排气压力 P_{EX} 的变化。在这种情况下，与图 22 的曲线相反，检测器 117 可以确认排气压力最大值角 θ_{EXmax}' ，该角比参考值 θ_{EXmax} 大差值 Γ 。另一方面，检测器 117 确认与参考值 $\theta_{EXconst}$ 基本上相同的排气压力开始恒定角 $\theta_{EXconst}'$ ，即确认排气压力开始恒定的角度差 Σ 为零。因为排气压力最大值角度 θ_{EXmax}' 均大于参考值，所以检测器 117 可确认出偶数气缸 # 2、# 4、# 6 的相应排气压力最大值和恒定值 P_{EXmax}' 、 $P_{EXconst}'$ 分别比参考值 P_{EXmax} 、 $P_{EXconst}$ 大差值 α 、 β 的绝对值。

图 24 是一个表，示出下列量的相应实际值：排气压力最大值差 α ；排气压力恒定值差 β ；排气压力最大值角度差 Γ ；排气压力开始恒定的角度差 Σ 等。这些实际值是在发动机 90 刚好出现一种缺陷和在发动机 90 上不同时出现两个或多个缺陷的情况下测得的。在图 24 的表中示出的压

力差值是相对正常的或参考的排气压力最大值 $P_{EXmax} = 100$ 的值，而在表中所示的角度差值是相对于从 CS 角传感器 114 输出的 CS 参考信号的值。当曲轴皮带轮 20 快一齿或慢一齿时，从右机组测得的值与从左机组测得的值是相同的。但是，当凸轮皮带轮 24、26 中的一个轮或随动齿轮 40、42 中的一个齿轮快一齿或慢一齿时，则只有两个机组中对应于快或慢的凸轮皮带轮或对应于快或慢的随动齿轮的那个机组上测得的值才与正常机组上测得的值不同。还有可能是两个凸轮皮带轮 24、26 均是快的或慢的或两个随动齿轮 40、42 均是快的或慢的，虽然这种情况很稀少。当进气阀或排气阀的游隙小或大时测得的值是连续变化的，因为游隙连续变化。图 24 的表正好例示出这种能使缺陷检测器 117 认出进气阀或排气阀游隙小或大的实际值。

图 25 是流程图，示出已组装发动机测试程序的主程序。该程序贮存在缺陷检测器 117 的 ROM 中，并由缺陷检测器 117 的 CPU 和 RAM 执行。按照主程序，缺陷检测器 117 可根据对应于六个活塞或气缸 # 1 ~ # 6 的相应排气压力的最大值判断发动机 90 的组装缺陷的有或无。如果发动机 90 没有缺陷，则检测器 117 命令显示器 118（图 26）显示发动机已通过测试。另一方面，如果发现缺陷，则检测器 117 判断或确定缺陷是什么缺陷，并令显示器 118 显示发动机 90 未通过测试和缺陷出现的地方。

缺陷检测器 117 或其 CPU 首先在程序步 S100 初始化标志变量“flag”，使标志 = 0X00（即 00000000），然后在程序步 S102 初始化变量“count”，使 count = 0。在程序步 S104，CPU 初始化变量“i”，使 i = 0 时对应于第一活塞 # 1。此变量“i”大 1 的数目等于现在活塞的编号。随后，在程序步 S106，CPU 判断下列所有在活塞 # i + 1 上测得的相应绝对值是否小于 3，即排气压力最大值差值 $\alpha[i]$ 、排气压力恒定值差值 $\beta[i]$ 、排气压力最大值角度差 $\Gamma[i]$ 、排气压力开始恒定角度差 $\Sigma[i]$ 、排气压力开始减小角度差 $\Phi[i]$ 、进气压力最大值的角度差 $\Lambda[i]$ 和进气压力开始增加的角度差 $\psi[i]$ 的相应绝对值。如果在程序步 S106 得到否定判断，则 CPU 的控制器走到程序步 S108，使变量“count”增加 1。另一方面，如果在程序步 S106 的判断是肯定的，则控制器走到程序步 S110，判断变量 i 是否等于相当于第六活塞 # 6 的数

字 5, 如果在步骤 S110 得到否定判断, 则控制器走到步骤 S111, 使变量“i”增加 1, 然后回到步骤 S106。

从图 24 可以看出, 在假定不同时出现两个或多个组装缺陷的情况下, 可以得出结论, 如果差值 α 、 β 等的相应绝对值小于 3, 则测试的发动机 90 装配正常, 没有任何缺陷。

如果在步骤 S110 得到肯定判断, 则 CPU 的控制器走到步骤 S112, 判断变量“count”是否等于零。如果在步骤 S112 得到肯定的判断, 则控制器走到步骤 S114, 令显示器 11 点亮显示器 118 的表示没有找到任何缺陷的 OK 灯。然后 CPU 退出主程序。另一方面, 如果在步骤 S112 得到否定判断, 即发现缺陷, 则控制器走到步骤 S116, 使显示器 118 的表示那种状态的 NG 灯亮。随后控制器走到步骤 S118, 即走到缺陷判断或确定子程序。步骤 118 之后是步骤 S120, 步骤 S120 使显示器 118 的对应于在步骤 S118 所确定的缺陷的灯亮。然后 CPU 退出主程序。

显示器 118 的显示排列如图 26 所示。在图中编号 200 表示没有发现缺陷时亮的 OK 灯。编号 202 表示找到缺陷时亮的 NG 灯。在找出和确定缺陷的情况下, 控制装置 119 可使下列灯中对应于所确定缺陷的那一个点灯亮, 即曲轴皮带轮快的灯 204、曲轴皮带轮慢的灯 206、左凸轮皮带轮快的灯 208、左凸轮皮带轮慢的灯 210、右凸轮皮带轮快的灯 212、右凸轮皮带轮慢的灯 214、左随动齿轮快的灯 216、左随动齿轮慢的灯 218、右随动齿轮快的灯 220 和右随动齿轮慢的灯 222。另外, 对于活塞 # 1 ~ # 6 中的各个活塞, CPU 可使进气阀游隙小的灯 224、进气阀游隙大的灯 226、排气阀游隙小的灯 228、排气阀游隙大的灯 230 和压缩环遗漏的灯 232 中的一个灯亮。如下面将说明, 在不能确定缺陷的情况下, 对应于有疑问缺陷的另一个灯亮。以后这些灯称作缺陷灯。

图 27 是流程图, 示出图 25 的程序步 S118 的缺陷确定子程序。在此子程序中, 假定即使有也只存在一个缺陷, 即不同时出现两个或以上的缺陷。一般地讲, 在一个发动机上可能同时出现两个或大于两个的缺陷, 但是这种可能性很小。因此几乎在所有情况, 本子程序可以有效地确定缺陷。即使同时出现两个或以上的缺陷, 因而使本子程序提供了不正确的缺陷判断, 主程序也不会提供没有发现缺陷的这种判断。因此不正确的确定是允许的。

在本缺陷确定子程序中,缺陷检测器 117 的 CPU 首先在程序步 S200 初始化对应于上述缺陷的 8 个标志中的各个标志,使其设定到 OX00。以后称这些标志为缺陷标志。如图 28 所示,8 个标志的各个标志包括一个字节数据即 8 位数据。如果没有找出缺陷,则各个标志保持 OX00,标志“flagcrnk”的较低四位对应于左、右随动齿轮 40、42 的快和慢状态,标志“flagcam”的较低四位对应于左、右凸轮皮带轮 24、26 的快和慢状态。标志“flagcrnk”的较低两位对应于曲轴皮带轮 20 的快和慢状态。标志“flagins”、“flaginl”、“flagexs”、“flagexl”、“flagring”的较低六位分别对应于六个气缸或活塞 # 1 ~ # 6 的进气阀游隙大与小、排气阀游隙大与小以及压缩环遗漏的存在和不存在。八个标志的相应最高(最前面)位是有疑问的缺陷位,该位可以设定为 1,表示相应的缺陷是可疑的,但不能确定。

程序步 S200 之后是程序步 S202 ~ S214。程序步 S202 是曲轴皮带轮测试,用于确定给与标志“flagcrnk”的值。步骤 S206 和 S210 是凸轮皮带轮和随动齿轮测试 1、2,用于确定赋与标记“flagcam”和“flagdrvn”的值。步骤 S214 是阀门游隙和压缩环测试步骤,用于确定设定在标志“flagins”、“flaginl”、“flagexs”、“flagexl”、“flagring”上的值。下面将详细说明这些步骤。如果在这此步骤中的头一个步骤找到缺陷,则 CPU 退出缺陷确定子程序,并不再执行其余一个或多个步骤。这对应于上述假定,即在一个发动机 90 上只出现一个缺陷。

下面首先说明在图 27 的程序步 S202 的曲轴皮带轮的测试。

图 29 是流程图,表示图 27 程序步 S202 的曲轴皮带轮测试子程序。缺陷检测器 117 的 CPU 首先在程序步 S300 判断所有六个气缸 # 1 ~ # 6 的相应排气压力最大值差 $\alpha[i]$ 是否不小于 3。如果在步骤 S300 得到肯定判断,则控制器走到步骤 S302,使标志“flagcrnk”设定为 OX01,这表示曲轴皮带轮 20 快一齿。然后, CPU 退出本子程序。另一方面,如果在步骤 S300 得到否定判断,则控制器走到步骤 S304,判断所有气缸 # 1 ~ # 6 的相应差 $\alpha[i]$ 是否不大于 - 3。如果在步骤 S304 得到肯定判断,则控制器走到步骤 S306,使标志“flagcrnk”设定为 OX02,这表示曲轴皮带轮 20 慢一齿。CPU 然后退出子程序。另一方面,如果在步骤 S304 得到否定判断,则控制器直接退出子程序。所有气缸 # 1 ~

6 的相应差值 $\alpha[i]$ 在步骤 S300 或 S304 与 3 或 - 3 相比较的原因与对图 25 的程序步 S106 说明的原因相同。然而, 此处不仅利用差值 $\alpha[i]$ 的绝对值而且还利用正号或负号来确定曲轴皮带轮 20 的快的或慢的状态。在步骤 S304 得到的否定判断表示曲轴皮带轮 20 已正确地装在发动机 90 上, 并且缺陷标志 “flagcrnk” 保持 OX00。只有在这种情况下, 在步骤 S204 才得到肯定判断, 并且控制器走到步骤 S206。在步骤 S300 或 S304, CPU 可以注意到气缸 # 1 ~ # 6 的某个压力状态出现的相应时间的检测到的变化, 例如气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力最大值角度差 Γ 的相应变化。

图 30 是流程图, 示出图 27 的步骤 S206 的凸轮皮带轮和随动齿轮测试 1。执行该子程序可以寻找各个凸轮皮带轮 24、26 和随动齿轮 40、42 的快一齿状态。缺陷检验器 117 的 CPU 首先在步骤 S400 判断左机组的气缸 # 1 ~ # 3 的相应差值 $\alpha[i]$ 是否不大于 - 3。如果在步骤 S400 得到肯定判断, 则控制器走到步骤 S402, 判断左机组的气缸 # 1 ~ # 3 的相应排气压力最大值角度差 Γ 是否不大于 - 16.5。如果在步骤 S402 得到肯定判断, 则控制器走到步骤 S404, 使标志 “flagdrvn” 设定到 OX01, 这表示左随动齿轮 40 快一齿。另一方面, 如果在步骤 S402 得到否定判断, 则控制器走到步骤 S406, 赋与缺陷标志 “flagcam” OX01, 这表示左凸轮皮带轮 24 快一个齿。然后 CPU 退出本子程序。差值 $\alpha[i]$ 在步骤 S400 或 S408 与 - 3 相比较的理由与对图 29 的步骤 S300 或 S304 所作的说明相同。步骤 S402 用于判断那一个快一齿, 是左凸轮皮带轮 24 还是左随动齿轮 40, 在步骤 S402 所用的阈值 16.5 是如图 24 所示的对应差值 Γ 的两个值 - 15 和 - 18 的平均值。同样, 在其它步骤所用的其它阈值被确定为可以判断缺陷。

另一方面, 如果在步骤 S400 得到否定判断, 则 CPU 执行对右机组的步骤 S408、S410、S412 和 S414, 这些步骤分别对应于左机组的步骤 S400 ~ S406。但是, 在步骤 S412, CPU 赋与标记 “flagdrvn” OX04, 这表示左随动齿轮 42 快一齿, 并在步骤 S414 CPU 赋与标志 “flagcam” OX04, 这表示右凸轮皮带 26 快一齿。另一方面, 如果在步骤 S408 得到否定判断, 则控制器直接退出子程序。在最后一种情况下, 在步骤 S208 得到肯定判断, 控制器走到步骤 S210。

图 31 是流程图, 示出图 27 的程序步 S210 的凸轮皮带轮和随动齿轮测试 2。执行此子程序是为了确定各个凸轮皮带轮 24、26 和随动齿轮 40、42 的慢一齿状态。缺陷检测器 117 的 CPU 首先在步骤 S500 判断左机组的气缸 # 1 ~ # 3 的相应差值 $\alpha[i]$ 是否大于 3。如果在步骤 500 得到肯定判断, 则控制器进到步骤 S502, 判断左机组的气缸 # 1 ~ # 3 的相应差值 Γ 是否 16.5。如果在步骤 S502 得到肯定判断, 则控制器进到步骤 S504, 赋与标记 “flagdrvn” OX02, 这表示左随动齿轮 40 慢一齿。另一方面, 如果在步骤 S502 得到否定判断, 则控制器进到步骤 S506, 赋与标记 “flagcam” OX02, 这表示左凸轮皮带轮 24 慢一齿。CPU 随后退出子程序。步骤 S502 用于判断那一个慢一齿, 是左凸轮皮带轮 24 还是左随动齿轮 40。

另一方面, 如果在步骤 S500 得到否定判断, 则 CPU 执行对右机组的步骤 S508、S510、S512 和 S514, 这些步骤分别对应于左机组的步骤 S500 ~ S506。但是在步骤 S512, CPU 赋与标志 “flagdrvn” OX08, 这表示右随动齿轮 42 慢一齿, 在步骤 S514 CPU 赋与标志 “flagcam” OX08, 这表示右凸轮皮带轮 26 慢一齿。另一方面, 如果在步骤 S508 得到否定判断, 表示凸轮皮带轮 24、26 和随动齿轮 40、42 已正确地安装, 则控制器直接退出子程序。在最后一种情况下, 在步骤 S212 得到肯定判断, 并且控制器进到步骤 S214。在步骤 S500 和 S508 应用的阈值被确定的理由与对图 30 的步骤 S400 和 S408 所用阈值所述的理由相同。

虽然在图 30 和 31 的测试 1、2 中可以根据气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力最大值角 Γ 确定凸轮皮带轮 24、26 和随动齿轮 40、42 的快的或慢的状态, 但这些状态也可以根据气缸 # 1 ~ # 6 的进气压力最大值的角度或进气压力开始增加的角度来确定。换言之, 可以根据那些参数 Γ 、 Λ 、 ψ 中的两个或多个来确定这些状态。在最后的情况下, 测试 1、2 具有更高的可靠性。另外, 还可以根据气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力恒定值开始的角度 Σ 来确定这些状态。在最后的情况下, 在步骤 S402、S410、S502、S510 所用的阈值可分别用 - 12、- 12、8 和 8 代替, 并用大于符号代替小于符号, 反之亦然。

在随动齿轮 40、42 的组装中不可能出现任何缺陷的情况, 可以从

图 30 和 31 的子程序中省去涉及随动齿轮 40、42 的步骤, 即省去步骤 S404、S412、S504 和 S512。在这种情况下, 可以只根据气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力开始降低角 Φ 进行凸轮皮带轮测试。例如, 如果各个机组的三个气缸的排气压力开始降低角 Φ 小于 -8 , 则 CPU 可以在标志 “flagcam” 中设定一个表示那个机组的凸轮皮带轮 24 或 26 是快一齿的值, 如果该角度 Φ 不小于 -8 , 则 CPU 直接退出子程序。另外, 如果各个机组三个气缸的所有角度 Φ 大于 8 , 则 CPU 在标志 “flagcam” 中设定一个表示那个机组的凸轮皮带轮 24 或 26 是慢一齿的值, 而如果该角不大于 8 , 则 CPU 直接退出子程序。

图 32 是流程图, 表示图 27 的步骤 S214 执行的阀游隙和压缩环测试。CPU 在步骤 S600 首先使变量 “buf” 设定为 OX01, 然后在步骤 S602 CPU 使变量 “i” 初始化为零, 这对应于第一活塞或气缸 # 1。随后在步骤 S604, CPU 判断现在气缸的排气压力最大值差 $\alpha[i]$ 是否小于 3。如果在步骤 S604 获得肯定判断, 则控制进入步骤 S606, 判断现在气缸的排气压力最大值的角度差 $\Gamma[i]$ 是否不小于 2。只有当在步骤 S604 得到肯定判断时, CPU 才能判断在发动机 90 上出现某个缺陷。在步骤 S606 上判断现在气缸的差值 $\Gamma[i]$ 是否不小于 2 的理由是, 从图 24 可以看出, 如果现在气缸的差值 $\alpha[i]$ 不小于 3, 则现在气缸的差值 $\Gamma[i]$ 在进气阀游隙大的情况取 5.4, 而在排气阀游隙大的情况下取 0, 而且在使差值 $\Gamma[i]$ 与这两个值 5.4 和 0 的平均值比较时, 这两种情况是彼此不同的。如果在步骤 S606 得到肯定判断, 则控制器进入步骤 S608, 在标志 “flaginl” 上设定标志 “flaginl” 和变量 “buf” 的逻辑和。随后, 标志 “flaginl” 的较低 6 位中对应于现在气缸的一位变成 1, 这表示对应于现在气缸的进气阀游隙出现缺陷。另一方面, 如果在步骤 S606 上得到否定的判断, 则控制器进到步骤 S610, 在标志 “flagexl” 上设定标志 “flagexl” 和变量 “buf” 的逻辑和。

在步骤 S608 或 S610 之后是步骤 S612 和步骤 S614, 前者使变量 “i” 增加 1, 后者判断变量 “i” 是否等于 6。如果在步骤 S614 得到肯定判断, 则 CPU 退出本子程序。另一方面, 如果在步骤 S614 得到否定判断, 则控制器进入步骤 S616, 使变量 “buf” 中现为 1 的位改变到 0, 并使下一个较高的现为 0 的位改变到 1, 使得现在由变量 “i” 表示

的编号符合对新改变到1的那一位所规定的编号(图28)。随后控制器回到步骤S604。设置步骤S616可以保证在步骤S608或步骤S610中将标志“flaginl”或“flagexl”的较低6位中对应于现在气缸中的一位改变到1,此数字1表示对应于现在气缸的进气阀游隙或排气阀游隙出现缺陷。

另一方面,如果在步骤S604得到否定判断,则控制器走到步骤S618,判断现在气缸的差值 $\alpha[i]$ 是否不大于-3。如果在步骤S618得到否定判断,则控制器进行步骤S612。在另一方面,如果在步骤S618得到肯定判断,则控制器走到步骤S620,判断现在气缸的排气压力恒定值差 $\beta[i]$ 是否不小于-5。在步骤S620判断现在气缸的差值 $\beta[i]$ 是否不小于-5的理由是,从图24可以看出,如果现在气缸的差值 $\alpha[i]$ 不大于-3,则现在气缸的差值 $\beta[i]$ 在进气阀游隙小时取-16,而在排气阀游隙小的情况下则取-10,或在压缩环遗漏的情况下取-1,而且通过比较差值 $\beta[i]$ 和两个值-10和-1的大约平均值,可以区分压缩环遗漏和其它两种情况。如果在步骤S620得到肯定判断,则控制器走到步骤S622,向标志“flagring”赋与标志“flagring”和变量“buf”的逻辑和。随后控制器走到步骤S612。另一方面,如果在步骤S620得到否定的判断,则控制器进入步骤S624,判断现在气缸的差值 $\alpha[i]$ 是否不大于-30。如果在步骤S624得到肯定的判断,则控制器走到步骤S626,向标志“flagins”赋与标志“flagins”和变量“buf”的逻辑和。另一方面,如果在步骤S624得到否定的判断,则控制器走到步骤S628,向标志“flagexs”赋与标志“flagexs”和变量“buf”的逻辑和。控制器随后进到步骤S612。在步骤S624判断现在气缸的差值 $\alpha[i]$ 是否不大于-30的理由是,从图24可以明显看出,如果现在气缸的差值 $\beta[i]$ 小于-5,则现在气缸的差值 $\alpha[i]$ 在进气阀游隙小的情况下取-47,或在排气阀游隙小的情况下取-8,而且通过使差值 $\alpha[i]$ 与两个值-47和-8的平均值相比较,可使这两种情况彼此区别开来。在步骤S624,可以用差值 $\beta[i]$ 取代差值 $\alpha[i]$ 进行测试,具体是可以在不可能出现任何压缩环遗漏的情况下进行测试。然而在这种情况下在步骤S624所用的阈值-30应当用例如-16和-10的平均值-13代替。

在只需要判断进气阀游隙是否正确时,CPU可以只根据现在气缸

的排气压力的最大值角度差 $\Gamma[i]$ 进行判断。例如, 如果差值 $\Gamma[i]$ 大于约为 5.4 和 0 的平均值的数 2 时, 则 CPU 确定进气阀游隙大, 而如果差值 $\Gamma[i]$ 小于约为 - 6.4 和 0 的平均值的数 - 3 时, 则 CPU 确定进气阀游隙小。在这种情况下, 可以用进气压力最大值的角度差 Λ 或进气压力开始上升的角度差 ψ 取代差值 $\Gamma[i]$ 。在进气或排气阀游隙连续变化的情况下, 差值 $\alpha[i]$ 或 $\Gamma[i]$ 也可以连续变化。同时, 在进气阀的或排气阀的游隙阶梯式变化的情况下, 差值 $\alpha[i]$ 或 $\Gamma[i]$ 也可以阶梯式变化。因此最好根据待测试的发动机 90 的情况改变应用在上述缺陷确定测试中的判据。

下面说明本发明的第二实施例。此第二实施例与上述第一实施例不同之处在于, 在第二实施例中采用不同的缺陷确定子程序, 用此子程序代替第一实施例中应用的图 27 的缺陷确定子程序 (即图 25 的步骤 S118)。图 33 的流程图示出此不同的子程序。应用在实施例中的图 4 的发动机测试装置也应用在第二实施例中。

在第一实施例中假定, 对于装好的发动机如果有缺陷也只出现一个安装缺陷。相反, 在第二实施例中, 如果许多安装缺陷同时出现, 则至少可以找到许多缺陷中的至少两个缺陷。图 33 的流程图包括程序步 S700, 该程序步与图 27 的程序步 S200 相同。步骤 S700 之后是步骤 S702 和 S704、S706, 前者是第一测试 1 的子程序, 后者是第二和第三测试 2、3 的子程序。步骤 S706 之后是步骤 S708, 该步骤与图 25 的步骤 S120 相同。下面说明第一至第三测试 1、2 和 3。

图 34 是流程图, 示出图 33 的步骤 S702 执行的第一测试。缺陷检测器 117 的 CPU 首先在步骤 S800 将变量 “i” 设定为初始值 0, 这对应于第一活塞或气缸 # 1。步骤 S800 之后是步骤 S802, 用于确定下列 11 个范围 (1) ~ (11) 中的一个范围, 现在气缸的排气压力开始减小的角度差 $\Phi[i]$ 落在此范围内:

范围 (1): $-42 \leq \Phi[i] < -32$

范围 (2): $-32 \leq \Phi[i] < -28$

范围 (3): $-27 \leq \Phi[i] < -17$

范围 (4): $-17 \leq \Phi[i] < -13$

范围 (5): $-12 \leq \Phi[i] < -2$

范围 (6) : $-2 \leq \Phi[i] < 2$

范围 (7) : $3 \leq \Phi[i] < 13$

范围 (8) : $13 \leq \Phi[i] < 17$

范围 (9) : $18 \leq \Phi[i] < 28$

范围 (10) : $28 \leq \Phi[i] < 32$

范围 (11) : $\Phi[i] < -42$ 或 $32 \leq \Phi[i]$

设置步骤 S802 的理由是, 从图 24 可以明显看出, 仅当曲轴皮带轮 20、左凸轮皮带轮 24, 或右凸轮皮带轮 26 出现快或慢状态时或出现排气阀游隙小时才产生差值 Φ 。当曲轴皮带轮 20 快一齿、正常或慢一齿时, 差值 $\Phi[i]$ 分别阶梯式改变到 15、0 或 -15。在本实施例中, 如果一个气缸的差值 $\Phi[i]$ 落在 -2 到 2 的范围内, 则缺陷检测器 117 判定对应于气缸的排气阀游隙是正常的。因此, 即使一个气缸的排气阀游隙被判断为正常的, 气缸的差值 $\Phi[i]$ 也可能不等于 0, 而是可以为范围 -2 到 2 中的任一值。另外, 各个气缸的差值 $\Phi[i]$ 不能取小于 -10 的值, 即使气缸的排气阀游隙很小。图 40 示出考虑到上述事实确定的差值中的 10 种范围 (1) ~ (10)。该十个范围 (1) ~ (10) 由下列 15 个边界值确定: $-30 - (10 + 2)$ 、 -30 ± 2 、 $-15 - (10 + 2)$ 、 -15 ± 2 、 $0 - (10 + 2)$ 、 0 ± 2 、 $15 - (10 + 2)$ 、 15 ± 2 、 $30 - (10 + 2)$ 和 30 ± 2 。上述 11 个范围 (1) ~ (11) 中各个范围对应于曲轴皮带轮 20、现在气缸的两个凸轮皮带轮 24、26 中的一个和现在气缸的排气阀游隙的下列缺陷:

范围 (1) : 曲轴皮带轮 20 慢一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 快一齿和排气阀游隙小;

范围 (2) : 曲轴皮带轮 20 慢一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 快一齿和排气阀游隙正常;

范围 (3) : 曲轴皮带轮 20 慢一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 正常和排气阀游隙小; 或曲轴皮带轮 20 正常、凸轮皮带轮 24 或 26 快一齿和排气阀游隙小;

范围 (4) : 曲轴皮带轮 20 慢一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 正常和排气阀游隙正常; 或曲轴皮带轮 20 正常、凸轮皮带轮 24 或 26 快一齿和排气阀游隙正常;

范围(5): 曲轴皮带轮 20 正常、凸轮皮带轮 24 或 26 正常和排气阀游隙小; 或曲轴皮带轮 20 快一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 快一齿和排气阀游隙小; 或曲轴皮带轮 20 慢一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 慢一齿和排气阀游隙小;

范围(6): 曲轴皮带轮 20 正常、凸轮皮带轮 24 或 26 正常和排气阀游隙正常; 或曲轴皮带轮 20 快一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 快一齿和排气阀游隙小; 或曲轴皮带轮 20 慢一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 慢一齿和排气阀游隙正常;

范围(7): 曲轴皮带轮 20 快一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 正常和排气阀游隙小; 或曲轴皮带轮 20 正常、凸轮皮带轮 24 或 26 慢一齿和排气阀游隙小;

范围(8): 曲轴皮带轮 20 快一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 正常和排气阀游隙正常; 或曲轴皮带轮 20 正常、凸轮皮带轮 24 或 26 慢一齿和排气阀游隙正常;

范围(9): 曲轴皮带轮 20 快一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 慢一齿和排气阀游隙小;

范围(10): 曲轴皮带轮 20 快一齿、凸轮皮带轮 24 或 26 慢一齿和排气阀游隙正常;

范围(11): 误差。

将由曲轴皮带轮 20 和两个凸轮皮带轮 24、26 中的任一皮带轮的组装缺陷引起的差值 Φ 的变化与由排气阀游隙的组装缺陷引起的差值的变化组合起来便可以得到范围(1)~(10)。从图 40 可以清楚看到, 差值 Φ 受到排气阀游隙缺陷的影响, 但与曲轴皮带轮 20 和凸轮皮带轮 24、26 的缺陷无关。

组装到发动机 90 上的曲轴皮带轮 20 取三种状态中的任一种状态, 即正常状态、快状态和慢状态, 同样, 装在发动机 90 上的左或右凸轮皮带轮 24、26 可以取三种状态中任一状态, 即正常状态、快状态和慢状态。因此有 9 种可能的组合。因为排气阀游隙可以取两种状态中的任一状态, 即正常状态和游隙小的状态, 因此有 18 种可能组合。然而, 因为差值中可以受到曲轴皮带轮 20 和凸轮皮带轮 24、26 的相应状态的两个或以上不同组合的相同影响, 所以只能彼此区分上述范围(1)~(10)

(第 11 范围除外)。即可能存在一些情况,在这些情况下仅仅根据测试 1 用差值 Φ 不能确定曲轴皮带轮 20 和凸轮皮带轮 24、26 的相应状态。更具体地讲,范围(3)、(4)、(7)和(8)中的各个范围对应于曲轴皮带轮 20 和凸轮皮带轮 24、26 的两个不同的组合,而范围(5)和(6)中的各个范围则对应于三种不同的组合。

然而,因为发动机 90 具有分别对应于左和右机组的左、右凸轮皮带轮 24、26,所以存在曲轴皮带轮 20 和两个凸轮皮带轮 24、26 的相应状态的 27 种可能组合。如下面将说明,27 种状态组合中有 12 种状态组合的各个组合对应于左、右机组的相应差值 Φ 的单一组合,该组合不同于对应于其它状态组合的其它差值组合。因此可以从其它状态组合中确定或认出 12 种状态组合中的各种组合。另外,因为排气阀游隙可取两种状态中的任一种状态(即正常状态和游隙小的状态),所以有 54 种可能的状态组合(27×2)。因为可以确定排气阀游隙的两种状态,它与三个皮带轮 20、24、26 的相应状态无关,所以仅仅根据第一试验用差值 Φ 只能确定 54 种组合中的 24 种组合。

具体地讲,在只考虑曲轴皮带轮 20 和左、右凸轮皮带轮 24、26 的相应状态的情况下,在曲轴皮带轮 20 分别为正常、快一齿或慢一齿时,差值 Φ 取 0、15 或 -15 中的第一值。同样,当左、或右凸轮 24、26 分别为正常、快一齿或慢一齿时,差值 Φ 取 0、-15 或 15 中的第二值。第一值和第二值相结合形成对应于左、右机组的 20 种不同的相应差值 Φ 的组合。对应于左、右机组中各个机组的差值 Φ 可以取 5 种不同值,即 0、 ± 15 和 ± 30 。因此在理论上,对应于两个机组存在 25 种两个差值 Φ 的组合。然而因为对应于两个机组的两个差值 Φ 的差(绝对值)不大于 30。因此三个皮带轮 20、24、26 的相应状态的 27 种不同的组合实际上对应于相当于两个机组的相应差值 Φ 的 20 种不同的组合。可以从 27 种状态组合的其它组合中认出上述 12 种状态组合中的各个组合,这 12 种状态组合如下(左边的值对应于左机组、右边的值对应于右机组): (0, -30)、(0, 30)、(-15, -30)、(-15, 15)、(-30, 0)、(-30, -15)、(-30, -30)、(15, -15)、(15, 30)、(30, 0)、(30, 15)和(30, -30)。例如差值组合(0, -30)只对应于曲轴皮带轮 20 慢一齿、左凸轮皮带轮 24 慢一齿和右凸

轮皮带轮 26 快一齿的状态组合。

然而, 下列六种差的组合中的各种组合对应于两种状态组合, 即组合 $(0, -15)$ 、 $(0, 15)$ 、 $(-15, 0)$ 、 $(-15, -15)$ 、 $(15, 0)$ 和 $(15, 15)$ 。例如, 差的组合 $(0, -15)$ 对应于 (1) 和 (2) 两种状态组合, (1) 是曲轴皮带轮 20 正常、左凸轮皮带轮 24 正常和右凸轮皮带轮 26 快一齿的状态组合, 而 (2) 是曲轴皮带轮 20 慢一齿、左凸轮皮带轮 24 慢一齿和右凸轮皮带轮 26 正常的状态组合。差值组合 $(0, 0)$ 对应于三种状态组合 (下面说明)。因此, 可以使 12 种状态组合与其它的 15 种不能确定的状态组合 ($15 = 6 \times 2 + 3 \times 1$) 区分开。然而上述六种差的组合中的各种组合被限定在对应两种状态的组合, 而差值的组合 $(0, 0)$ 则限定在对应三种状态的组合。因此, 对于实际的发动机测试和随后的改正一个或多个缺陷的工作, 这种信息是很有用的。

因为排气阀游隙的两个状态可独立于三个皮带轮 20、24、26 的快和慢状态而被确定, 所以可以从总计 54 种组合中确定 24 种状态组合, 而与其中的其它组合区分开。

在实际发动机测试中, 差的组合 $(0, 0)$ 出现频率很高, 因为它对应于曲轴和凸轮皮带轮 20、24、26 的相应的正常状态。然而组合 $(0, 0)$ 还对应于曲轴皮带轮 20 快一齿状态和左、右凸轮皮带轮 24、26 中的各个皮带轮慢一齿状态的组合 (即 $(15 + (-15), 15 + (-15)) = (0, 0)$) 以及曲轴皮带轮 20 慢一齿状态和左、右凸轮皮带轮 24、26 中的各个皮带轮快一齿状态的组合 (即 $(-15 + 15, -15 + 15) = (0, 0)$)。因此, 人们可以得到这样的结论: 在有些情况下, 只根据用差值 Φ 的第一测试 1 不能鉴定出发动机的是否有缺陷。然而事实上, 三个皮带轮 20、24、26 的分别快一齿状态的组合和三个皮带轮 20、24、26 分别慢一齿状态的组合在技术上是与三个皮带轮 20、24、26 是正常的而只有同步皮带 22 慢一齿或快一齿的状态完全相同的。因此这些状态组合不会有害于发动机 90 的操作。

对应于差的组合 $(0, 0)$ 的状态组合中的各个状态可以判断为是正常发动机的表现, 这取决于发动机 90 是否是在部分被拆开后然后再装上时进行同样的测试。例如, 在三个皮带轮 20、24、26 快一齿的情况下

已用新的皮带轮取代两个凸轮皮带轮 24、26 中一个皮带轮时，新的凸轮皮带轮将是正常的，然而作为一个整体发动机 90 的曲轴皮带轮和另一个凸轮皮带轮将有缺陷。因此人们不能认为将对应于差值组合 (0, 0) 的状态组合中的各个组合判断为发动机正常是合适的。然而如果在发动机局部拆开并重新装配之后，或者已在发动机 90 的实际上已拆开和重新装配的特定部分和与该特定部分紧密相关的一个或多个部分上进行早期测试之后，再在该发动机 90 重新进行本发明的发动机测试，则可以避免上述这种缺点。因此在本实施例中，所有对应于差值组合 (0, 0) 的状态组合可以判断为指示发动机正常。

如果在步骤 S802，CPU 确定差值 $\Phi[i]$ 落在第六范围，则可以判断三个皮带轮 20、24、26 是正常的，排气阀游隙是正常的。CPU 不进行任何另外的判断并退出该步骤。另一方面，如果差值 $\Phi[i]$ 落在第一范围 (1) 内，则 CPU 在标志 “flagcrnk” 中设定表示曲轴皮带轮 20 慢一齿的 OOX2，在标志 “flagcam” 中设定表示左或右凸轮 24、26 快一齿的值（即设定 OXO1 与左凸轮皮带轮 24 的标志的现在值的逻辑和，或设定 OXO4 与右凸轮皮带轮 26 的标志的现在值的逻辑和）标志 “flagexs” 位中并在对应于变量 “i” 现在内容的一位上设定 1。如果差值 $\Phi[i]$ 落在第二范围 (2) 内，则 CPU 执行的操作与差值 $\Phi[i]$ 落在第一范围 (1) 执行的操作相同，只是改变标志 “flagexs” 的内容。在差值落在第三至第十范围 (3) ~ (10) 中的各个范围的情况下，CPU 改变相应缺陷标志的相应内容。在差值 $\Phi[i]$ 落在第 11 范围 (11) 的情况下，CPU 使标志 “flagcrnk”、“flagcam” 和 “flagexs” 中的各个标志的最高位设定为 1，由此表示出现误差。根据在这些标志的相应的最高位设定的值 1，CPU 可以令显示器 118 显示操作者要求的信息，以检验本发动机测试装置。在本实施例中，在差值 $\Phi[i]$ 落在第 11 范围内时，CPU 便停止现在的发动机测试操作，不执行任何另外的测试操作步骤。步骤 S802 之后是步骤 S804，该步骤 S804 使变量 “i” 增加 1，在随后是步骤 S806，判断变量 “i” 的内容是否等于 6。如果在步骤 S806 得到肯定判断，则 CPU 的控制器退出测试 1。另一方面，如果得到否定判断，则控制器回到步骤 S802。在测试 1 中，可以明确地判断各个气缸 # 1 ~ # 6 的排气阀游隙是小还是不小，与其它可能缺陷的存在与否无

关。另外，还存在一些情况，在这些情况下，可以确定曲轴皮带轮 20 和凸轮皮带轮 24、26 中的各个皮带轮存在或不存在缺陷。根据测试 1 得到的结果，CPU 可以判断发动机 90 的操作是否受到排气阀游隙小和/或三个皮带轮 20、24、26 的不正确装配的损害。

图 35 是流程图，示出图 33 的程序步 S704 调用的测试 2 程序。CPU 首先根据在图 34 的测试 1 中测得的值在步骤 S900 分别设定变量 Δ_{odd} 和 Δ_{even} 中的值。更具体地讲，当对左机组奇数气缸 # 1、# 3、# 5 测量的排气压力开始降低的角度值 Φ 分别落在范围 (1) 或 (2)、(3) 或 (4)、(5) 或 (6)、(7) 或 (8) 和 (9) 或 (10) 中时，CPU 在变量 Δ_{odd} 中设定 -30、-15、0、15 或 30。CPU 以类似地的方式在变量 Δ_{even} 中设定适当的值。步骤 S900 之后是步骤 S902，使变量 “i” 初始化为 $i = 0$ ，随后的步骤 S902 在变量 Δ 中设置在变量 Δ_{odd} 和 Δ_{even} 中的对应于两个机组中一个机组的一个变量中设定的值，对应于变数 “i” 的现时气缸属于该一个机组。另外，CPU 判断值 $\Gamma[i] - \Delta$ ($\Gamma[i]$ 是现在气缸的排气压力最大值的角度差) 落在下列范围 (1) - (12) 中的那一个范围：

范围 (1) : $-30 \leq \Gamma[i] - \Delta < -20$

范围 (2) : $-20 \leq \Gamma[i] - \Delta < -16$

范围 (3) : $-16 \leq \Gamma[i] - \Delta < -12$

范围 (4) : $-12 \leq \Gamma[i] - \Delta < -6$

范围 (5) : $-6 \leq \Gamma[i] - \Delta < -2$

范围 (6) : $-2 \leq \Gamma[i] - \Delta < 2$

范围 (7) : $2 \leq \Gamma[i] - \Delta < 6$

范围 (8) : $6 \leq \Gamma[i] - \Delta < 12$

范围 (9) : $12 \leq \Gamma[i] - \Delta < 16$

范围 (10) : $16 \leq \Gamma[i] - \Delta < 20$

范围 (11) : $20 \leq \Gamma[i] - \Delta < 30$

范围 (12) : $\Gamma[i] - \Delta < -30$ 或 $30 \leq \Gamma[i] - \Delta$

提供步骤 S904 的理由，从图 24 可以明显看出是，除开在曲轴皮带轮 20、左凸轮皮带轮 24 或右凸轮皮带轮 26 发生快或慢状态时产生差 Γ 而外，只有在随动齿轮 40、42 出现快或慢状态时或进气阀游隙出现大

小时才产生差 Γ 。因为差值 Γ 代表三个皮带轮 20、24、26 的缺陷、随动齿轮的缺陷和进气阀游隙的缺陷各个影响的总和，所以参数 $\Gamma - \Delta$ 不包括三个皮带轮 20、24、26 缺陷的影响。上述 11 个范围 (1) ~ (11) 是根据在出现随动齿轮 40、42 缺陷和/或进气阀游隙缺陷时参数 $\Gamma - \Delta$ 的实际值确定的。当驱动齿轮 40、42 快一齿、处于正常状态或慢一齿时，差值 Γ 分别阶梯式改变到 -18、0 或 18。在本实施例中，如果一个气缸的差 $\Gamma[i]$ 落在 -2 和 2 的范围内，则缺陷检测器将判定，对应于该气缸的进气阀游隙是正常的。因此即使一个气缸的进气阀游隙被判断为正常，气缸的差值 $\Gamma[i]$ 也可以不为零，而是可以为在 -2 和 2 范围内的任何值。另外，各个气缸的差值 $\Gamma[i]$ 不能取小于 -10 或大于 10，即使是气缸的进气阀游隙很小或很大。图 41 示出考虑到上述事实确定的参数 ($\Gamma - \Delta$) 的 11 个范围 (1) ~ (11)。该 11 个范围 (1) ~ (11) 由下列 12 个边界值确定：-18 $\pm$ (10 + 2)、-18 $\pm$ 2、0 $\pm$ (10 + 2)、0 $\pm$ 2、18 $\pm$ (10 + 2) 和 18 $\pm$ 2。上述 12 个范围 (1) ~ (12) 中的各个范围对应于现在气缸的两个随动齿轮 40、42 的一个齿轮的和现在气缸的进气阀游隙的下列缺陷：

- 范围 (1)：随动齿轮 40 或 42 快一齿，进气阀游隙小；
- 范围 (2)：随动齿轮 40 或 42 快一齿，进气阀游隙正常；
- 范围 (3)：随动齿轮 40 或 42 快一齿，进气阀游隙大；
- 范围 (4)：不能确定；
- 范围 (5)：随动齿轮 40 或 42 正常，进气阀游隙小；
- 范围 (6)：随动齿轮 40 或 42 正常，进气阀游隙正常；
- 范围 (7)：随动齿轮 40 或 42 正常，进气阀游隙大；
- 范围 (8)：不能确定；
- 范围 (9)：随动齿轮 40 或 42 慢一齿，进气阀游隙小；
- 范围 (10)：随动齿轮 40 或 42 慢一齿，进气阀游隙正常；
- 范围 (11)：随动齿轮 40 或 42 慢一齿，进气阀游隙大；
- 范围 (12)：误差。

在差值 $\Gamma[i]$ 落在第六范围 (6) 的情况下，CPU 的控制器直接走到步骤 S912。在差值 $\Gamma[i]$ 落在范围 (1) ~ (3)、(5)、(7) 和 (9) ~ (12) 内的情况下，控制器走到步骤 S906。例如，如果差

值落在第一范围 (1) 内时, CPU 便在标志 “flagdrvn” 中设定表示现在气缸的随动齿轮 40、42 中一个齿轮快一齿的值, 和在标志 “flagins” 中设定表示现在气缸的进气阀游隙小的值。更具体地讲, 在变量 $i = 0$ 的情况下, CPU 在标志 “flagdrvn” 中设定 OXO4 和标志 “flagdrvn” 的现在值的逻辑和, 在标志 “flagins” 中设定 OXO1 和标志 “flagins” 的现在值的逻辑和。如果差值 $\Gamma[i]$ 落在范围 (12) 内, 则 CPU 执行的操作和在排气排力开始减小的角度 $\Phi[i]$ 落在如图 40 所示的范围 (11) 时的操作相同, 并停止现在发动机测试操作。

如果差值 $\Gamma[i]$ 落在第四范围 (4) 内, 则 CPU 的控制走到步骤 S908 即测试 2 - 1 的子程序。如果差值 $\Gamma[i]$ 落在第八范围 (8) 内, 则控制器走到步骤 S910, 即测试 2 - 2 的子程序。步骤 S906、S908 或 S910 之后是步骤 S912, 该步骤 S912 使变量 “i” 增加 1, 再随后是步骤 S914, 用于判断变量 “i” 是否等于 6。如果在步骤 S806 得到肯定判断, 则 CPU 的控制器进到步骤 S916, 然后退出测试 2。另一方面, 如果得到否定判断, 控制器回到步骤 S904。在测试 2 中, 除在差值 $\Gamma[i]$ 落在第 12 范围 (12) 内的情况下外可以独立于其它可能的缺陷的存在不存在清楚地判断随动齿轮 40、42 的装配是否正常, 和判断各种气缸 # 1 ~ # 6 的进气阀游隙是否正常。然而, 在差值 $\Gamma[i]$ 落在第 8 范围 (8) 内时, 如下面所述, 不能使随动齿轮 40、42 和进气阀游隙的缺陷与其它可能的缺陷相区别。

图 36 是流程图, 示出图 35 的步骤 S908 调用的测试 2 - 1 子程序。在差值 $\Gamma[i]$ 落在第 4 范围 (4) 内时, 不能只根据差值 $\Gamma[i]$ 判断其原因是由随动齿轮 40、42 快一齿和进气阀游隙大引起的还是进气阀游隙小引起的。因此要根据其它参数来进行此种判断。在图 36 所示的例子中, CPU 计算排气压力开始增加的角度差 $\Phi[i]$ 和排气压力开始恒定的角度差 $\Sigma[i]$ 的和, 然后从此和中减去在步骤 S904 得到的变量的两倍值。由此得到的参数的绝对值 (以后称作 “比较参数”) 可以用来进行上述判断。应用比较参数的理由是, 从图 24 可以明显看出, 如果随动齿轮 40、42 快一齿和进气阀游隙大, 则比较参数取 8.4 ($= |-8.4 + 0|$), 而如果进气阀游隙小, 则比较参数取零 ($= |0 + 0|$)。例如, 当凸轮皮带轮 24、26 快一齿时, 参数 ($\Phi[i] + \Sigma[i]$) 改变 -30 (等于 $-15 - 15$, 即

减小 30)，而当凸轮皮带轮 24、26 慢一齿时，参数 ($\Phi[i] + \Sigma[i]$) 则改变 30 (等于 $15 + 15$ ，即增加 30)。当曲轴皮带轮 20 快一齿和凸轮皮带轮 24、26 慢一齿时，参数 ($\Phi[i] + \Sigma[i]$) 改变 60。然而因为比较参数是通过从差值 $\Phi[i]$ 和差值 $\Sigma[i]$ 的和中减去两倍变量而得到的，因而比较参数不受到皮带轮 20、24、26 的可能缺陷的影响。

CPU 首先在步骤 S1000 判断比较参数 ($= |\Phi[i] + \Sigma[i] - 2\Delta|$) 是否小于约为 8.4 和 0 的平均值的数值 4。如果在步骤 S1000 获得肯定判断，则 CPU 判断出进气阀游隙小，然后控制器走到步骤 S1002。另一方面，如果在步骤 S1000 获得否定判断，则 CPU 判断出随动齿轮 40、42 快一齿和进气阀游隙大，然后控制器走到步骤 S1004。测试 2 - 1 结束于步骤 S1002 或步骤 S1004。在步骤 S1002，CPU 将标志“flagins”位中的对应于现在气缸的其中一位设定为 1，而步骤 S1004，CPU 将各个标志“flagdrvn”和“flaginl”位中对应于现在气缸的其中一位设定为 1。

图 37 是流程图，示出图 35 的程序步 S910 调用的测试 2 - 2 子程序。在差值 $\Gamma[i]$ 落入第 8 范围 (8) 的情况下，不可能只根据差值 $\Gamma[i]$ 判断是进气阀游隙大还是进气阀游隙小。因此此子程序是作为下面要说明测试 2 - 3 子程序之前的预先操作程序，该测试 2 - 3 可以根据其它信息进行上述判断。具体是，在步骤 S1100，CPU 将标志“flaginl”位中的对应于现在气缸的其中一位设定到 1，而在步骤 S1102 中，将标志“flagins”位中的对应于现在气缸的其中一位设定为 1。进气阀游隙不能同时出现大和小。因此将各个标志“flaginl”和“flagins”位中的对应于现在气缸的其中一位设定为 1，以便确切地表示差值 $\Gamma[i]$ 落在第 8 范围 (8) 内。该标志“flaginl”和“flagins”用在下述图 38 的测试 2 - 3 子程序中。

图 38 是流程图，示出图 35 的步骤 S916 调用的测试 2 - 3 子程序。按照此子程序，在至少一个气缸的差值 $\Gamma[i]$ 落在第 8 范围 (8) 的情况下，CPU 根据两个机组中现在气缸所属的一个机组的其它气缸上得到的参数判断是随动齿轮 40、42 慢一齿和气缸的进气阀游隙小还是进气阀游隙大。在步骤 S1200 CPU 首先初始化变量“i”，使 $i = 0$ ，在步骤 S1202 判断标志“flaginl”和“flagins”位中对应于变量为 i 的现在气缸的相应位是否均为 1。如果在步骤 S1202 获得肯定判断，则表示气

缸的差值 $\Gamma[i]$ 落在第 8 范围 (8) 内。在这种情况下, CPU 的控制器走到步骤 S1204, 判断随动齿轮 40、42 中对应于两个机组中包含由变量 i 表示的气缸的那个机组的一个随动轮是否慢一齿。如果在步骤 S1204 得到肯定判断, 则 CPU 判断出现在气缸的进气阀游隙小。因为在差值 $\Gamma[i]$ 落在范围 (8) 的情况下, 随动齿轮 40、42 慢一齿和进气阀游隙大是不可能的。在这种情况下, 由步骤 S1204 进到步骤 S1206, 使标志 “flagin1” 位中的对应于现在气缸的一位从已在图 37 的步骤 S1100 暂时设定的 1 改变为 0, 确定进气阀游隙小。随后由步骤 S1206 进到步骤 S1208。另一方面, 如果在步骤 S1204 获得否定判断, 则 CPU 的控制器直接进到步骤 S1208。在步骤 S1208 CPU 在变量 “ i ” 上增加 1, 在步骤 S1210, CPU 判断变量 “ i ” 是否等于 6。如果在步骤 S1210 获得肯定判断, 则 CPU 退出测试 2 - 3 子程序。另一方面, 如果在步骤 S1210 获得否定判断, 则控制器回到步骤 S1202。在步骤 S1204 得到否定判断的情况下, CPU 不能确定其差值 $\Gamma[i]$ 落在范围 (8) 内的气缸出现那种缺陷。在这种情况下, 标志 “flagin1” 和 “flagins” 的对应于变量为 i 的现在气缸的相应位保持在 1, 该数 1 能使 CPU 将这种情况告诉操作者。

图 39 是流程图, 表示图 3 的步骤 S706 调用的测试 3 子程序。按照此子程序, 在测试 1 和 2 显示发动机 90 是正常的情况下, 缺陷检测器 117 可以发现排气阀游隙大。然而在测试 1 和 2 确定随动齿轮 40、42 中的至少一个和进气阀游隙有缺陷的情况下, CPU 可判定, 其一个或多个差 β 受到该缺陷影响的一个或多个气缸的排气阀游隙的过大或正常状态是不可分辨的。另外, 在 CPU 于测试 2 结束时判断一个气缸的排气阀游隙小的情况下, 该气缸的排气阀游隙不可能是大的。因此在图 39 的步骤 S1312 不执行对那个气缸的任何操作。虽然一个气缸的差值 β 不受到该气缸随动齿轮 40、42 或进气阀游隙的任何缺陷的影响, 但还有压缩环泄漏和排气阀游隙大能够影响一个气缸的差值 β 。然而, 从图 24 可以看到, 由压缩环泄漏引起的的影响小。因此, 如果差值不小于 7, 则 CPU 可以判断出该气缸的排气阀游隙大, 但是如果小于 7, 则可判断出排气阀游隙不大 (即小或正常)。在步骤 S1304 所用的阈值 7 正是象上述阈值那样的例子。

在步骤 S1300, CPU 清除变量“i”, 使 $i = 0$, 而在步骤 S1302, CPU 判断对应于变量为 i 的气缸的随动齿轮 40、42 和该气缸的进气阀游隙是否是正常的, 同时判断该气缸的排气阀游隙是否是不小的。如果在步骤 S1302 得到肯定判断, 则控制器走到步骤 S1304, 判断差值 $\beta[i]$ 是否不小于 7, 如果在步骤 S1304 获得肯定判断, 则 CPU 判断出该气缸的排气阀游隙是大的, 并进行步骤 S1306, 使标志“flagexl”位中的对应于气缸的位设定到 1, 然后进到步骤 S1308。另一方面, 如果在步骤 S1304 获得否定判断, 则 CPU 直接走到步骤 S1308。在这种情况下, CPU 判断该气缸的排气阀游隙是正常的。因为可以进行这种判断, 所以应用测试 3。在步骤 S1308, CPU 在变量“i”上加 1, 而在步骤 S1310 CPU 判断变量“i”是否等于 6。如果在步骤 S1310 得到肯定判断, 则 CPU 退出测试 3。另一方面, 如果在步骤 S1310 得到否定判断, 则控制器回到步骤 S1302。如果在步骤 S1302 得到否定判断, 则 CPU 可判定, 不能鉴别现在气缸的排气阀游隙的大的状态或正常状态。在这种情况下, CPU 的控制器走到步骤 S1312, 使标记“flagexl”位中对应于现在气缸的位设定为 1, 并使该标志的最高位设定为 1, 然后进到步骤 S1308。因此当标志“flagexl”的最高位为 1 时, 表示还没有鉴别或确定气缸排气阀游隙的大的或正常的状态, 该状态对应于现在为 1 的标志位。然而如前所述, 在因为气缸的排气阀游隙小而在步骤 S1302 得到否定判断的情况下, CPU 在步骤 S1312 不进行任何操作。

在本实施例中, 在发动机测试装置显示除压缩环遗漏缺陷外发动机 90 没有任何缺陷的情况下, CPU 根据各个气缸的排气压力差值 α 检验各个气缸上缺陷的存在或不存在。虽然没有附上流程图, 但是如果发动机 90 没有曲轴皮带轮 20、凸轮皮带轮 24、26 或随动齿轮 40、42 的任何缺陷, 而气缸的差值 β 的绝对值小于例如 3, 同时气缸的差值 α 不大于 -5, 则 CPU 可判断气缸具有压缩环遗漏的缺陷, 并使标志“flagring”位中对应于气缸的位设定为 1。然而 CPU 不改变该标志位中的一个位中设定的 0, 该一个位对应于因存在另一缺陷或其它缺陷而使其差值 α 变化的气缸。在 CPU 确定这样的一个月或多个气缸的情况下, CPU 在标志“flagring”的最高位设定为 1。当标志“flagring”的最高位为 1 时, 对应于该标志位中等于 1 的位的气缸具有压缩环遗漏的缺

陷,但是不能判断对应于该标志位中等于 0 的位的气缸是否具有压缩环泄漏的缺陷。从图 24 可以看出,采用阈值 - 5 的理由是,当出现压缩环泄漏时差值 α 取值约 - 10。阈值 - 5 约为 0 和 - 10 的平均值。从图 24 可以看出,差值 β 与 3 相比较的理由是,在发动机 90 没有任何皮带轮 20、24、26 的缺陷或阀 48、50 的缺陷的情况下,差值 β 的绝对值小于 3。

从上述说明可以得出,在本发明的第二实施例中,发动机测试装置可以在已组装发动机 90 上出现的许多缺陷中确定至少两个缺陷。然而测试装置并不能在所有情况下均如此。例如在气缸发生压缩环泄漏,同时机组包括其凸轮皮带轮 24、26 快一齿状的气缸的情况下,测试装置使不能判断气缸是否具有压缩环泄漏的缺陷。然而,例如可以预先收集例如在气缸上或包括该气缸的机组上同时出现压缩环泄漏和凸轮皮带轮 24、26 快一齿或慢一齿状态时气缸的排气压力最大值差值 α 方面的信息。在这种情况下,测试装置甚至在压缩环泄漏和凸轮皮带轮 24、26 的快一齿或慢一齿状态同时出现的情况下也能够判断气缸是否具有压缩环泄漏的缺陷。因此测试装置可以根据除图 24 所示信息以外的信息测试已装配的发动机 90。

下面参考图 42,图中说明本发明的第三实施例,图中示出的发动机测试装置执行本发明的发动机测试方法。在本测试方法中,两个排气歧管 250 (图中只示出一个歧管 250) 分别装在待测试的已装配发动机 90 的左、右机组上。各个排气歧管 250 与两个机组中相应一个机组的三个气缸的各个排气口 100 连通,因而这些排气口 100 经歧管 250 与单一的排气管(未示出)连通。装有压力传感器 106 的盖部件 102 连接于各个排气歧管 250 的出口上。因此,发动机 90 具有如图 4 所示的相同的入口阀侧空间 92、94、96 和分别由两个排气歧管 250 中相应一个歧管和对应的三个排气口 100 构成的一对排气侧空间。因为本测试装置对每个机组只有一个盖部件 102 和一个压力传感器 106,所以其结构比图 4 的结构简单。

图 43 示出由图 42 所示的测试装置在发动机 90 的左、右机组上测得的相应排气压力信号 P_{EX} 以及用同样方式得到的曲轴参考信号。具体地讲,图 43 分别示出发动机 90 正常、左凸轮皮带轮 24 快一齿和慢一齿时测得的三对排气压力信号 P_{EX} 。图 44 以二维坐标系和放大比例分别示出

在图 43 所示的三种情况下在左机组上测得的三个排气压力信号。图 45 分别示出在发动机 90 正常、左随动齿轮 40 快一齿和慢一齿时测得的三对排气压力信号 P_{EX} 。图 46 分别以二维坐标系和放大比例示出在图 45 所示的三种情况下在左机组上的三个排气压力信号 P_{EX} 。图 47 是一个表，分别示出左凸轮皮带轮 24 快一齿或慢一齿，或左随动齿轮 40 快一齿或慢一齿时以下参数的实际值：排气压力最大值角度 Γ 、排气压力开始恒定角度差 Σ 、排气压力最大值差 α 和排气压力恒定值差 β 。在图 47 的表中的“下标 1”和“下标 2”对应于图 44 和 46 的曲线上表示的符号 Γ 、 Σ 等的相应下标数。“下标 1”对应于皮带轮 24 或齿轮 40 快一齿的情况，而“下标 2”对应于皮带轮 24 或齿轮 40 慢一齿的情况。

图 47 与图 24 相比较表明，图 47 的差值 Γ 、 Σ 等于图 24 的这些差值，但差值 α 、 β 小于图 24 的。这是因为图 42 中示出的在其中测量排气压力 P_{EX} 并获得图 47 的表的的空间大于图 4 所示的空间。即，后一个空间由各个气缸的相应空间和排出口 100 构成，而前一空间除对应三个气缸的相应空间和相应三个排气口 100 而外还要加上各个歧管 250 的空间。因此前一个空间中由于某种事件或缺陷引起的压力变化小于后一空间由同样原因引起的变化。虽然图 42 中排气阀侧空间或其体积大于图 4 所示的空间，但图 47 的差值 Γ 、 Σ 等于图 24 所示的这些差值。这表示，可以应用图 42 的较简单的测试装置，根据这些差值 Γ 、 Σ 来确定随动齿轮 40、42 的快一齿状态或慢一齿状态。因为在凸轮皮带轮 24、26 或随动齿轮 40、42 快一齿或慢一齿时进气和排气阀 50、48 的相应打开和关闭时刻不同于发动机 90 正常时的这些时刻，所以图 44 或图 46 的波形产生相应变化。因此，分析从发动机 90 上侧得的图 44 或图 46 的波形变化，利用图 42 的发动机测试装置也可以确定进气阀或排气阀游隙的大或小的状态。例如，由于凸轮皮带轮 24、26 或驱动齿轮 40、42 有缺陷、图 47 的表中所示的差值 α 、 β 、 Γ 、 Σ 中的相应值将产生阶梯式变化。因此，如果差值 α 、 β 、 Γ 、 Σ 中的一个值取不同于图 47 的表所示的值，则本测试装置的 CPU 则可以判断出进气阀或排气阀游隙可能不正常。

在第一至第三实施例的各个实施例中，进气阀侧空间由进气口 92、进气歧管 94 和缓冲箱 96 的相应内空间构成。然而，进气阀侧空间可以仅由各个进气口 92 的内空间构成。在这个情况下，在六个进气阀侧空间

的各个空间中提供压力传感器 98。即，彼此独立地分别测得六个气缸的相应进气压力。因而可以根据六个进气压力的各个压力的一个或多个预定状态确定组装发动机的一个或多个缺陷。同时，在例示的各个实施例中，排气阀侧空间是关闭的。然而除开排气阀侧空间关闭外，进气阀侧空间或多个空间也可以关闭，或可以代替排气阀侧空间的关闭。

在六个进气阀侧空间由进气口 92 的相应内空间构成并关闭的情况下，发动机测试装置可以测得对应于排气压力最大值差 α 和排气压力恒定值差 β 的进气压力差和测得对应排气压力减小开始角 Φ 等的角度差，测定的方式与测定图 24 的表所用的方式相同，在这种情况下，可以根据这些参数检验发动机的组装状态。

在各个例示的实施例中测试 V6 式 DOHC 汽油发动机。然而本发明适合于测试各个类型的发动机。例如测试 SOHC 发动机的情况下，可以省去寻找随动齿轮 40、42 缺陷的测试步骤。另外，在进气凸轮轴 32、34 不是由随动齿轮 40、42 传动而是由不同凸轮皮带轮传动的这种 DOHC 发动机的情况下，可以采用确定这些不同凸轮皮带轮缺陷的测试步骤代替确定随动齿轮缺陷的测试步骤。同时，在各个例示的实施例中，根据排气压力 P_{EX} 的特征参数例如排气压力最大值 P_{EXmax} 或排气压力最大值角 θ_{EXmax} 来进行发动机测试。然而还可以应用示于图 24 表中的其它参数和/或图 8、图 9 等曲线图所示的曲线的其它特征参数来进行发动机测试。例如图 8 所示的曲线最大斜率或对应于此最大斜率的曲轴角、曲线的变化速度大于参考值变化速度的时间间隔的长度和/或位置等也可用来确定已组装发动机的缺陷或多个缺陷。本发明也适用于柴油机。

为了以很可靠地确定和鉴定出在一个单一发动机上同时出现的许多缺陷中的各个缺陷，发动机测试装置需要从发动机上收集更多的信息。例如，可以人为地在发动机上产生存在预定缺陷或不存在预定缺陷的所有可能组合，并在发动机上产生的预定缺陷的所有组合的各个组合中用测试装置测定一组预定参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} 等的相应值。然后用测试装置测试已装配的发动机，测得一组预定参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} 等的相应值，并将测得的一组值与预先在所有缺陷组合中收集到各组的值相比较，最后选择所有缺陷组合中的一个组合作为确定的或鉴定发动机

的缺陷组合。在各个例示的实施例中，测试装置寻找曲轴皮带轮 20、凸轮皮带轮 24 和 26 或随动齿轮 40 和 42 的快一齿或慢一齿状态。然而测试装置还适合于寻找各个皮带轮 20、24、26、40、42 的两个或多个快一齿或慢一齿的状态。在最后一种情况下，可以以多个步骤分选参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} ，以便使用更高的准确度确定一个或多个缺陷。在这种情况下，必须相互区分这些参数中各个参数的相应值的不太大的差值。因为用在各个例示实施例中的发动机测试装置可以很快地测得各个参数的许多值，所以通过例如统计分析这些值便可以以很高的可靠性找到发动机的一个或多个缺陷。

下面说明本发明的第四实施例。第四实施例与上述第一实施例的差别在于，第一实施例中应用的图 25 的发动机测试子程序可以用第四实施例中应用的图 51 的不同的发动机测试子程序代替。在第四实施例中采用第一实施例所用的图 4 的发动机测试装置。然而在第四实施例中，控制装置 119 的显示器 118 还另外包括六个进气阀卡入外物的灯 332 和六个排气阀卡入外物的灯 334，如图 52 所示。

在外物进入各个进气阀 50 和相应的阀座 74 之间并且进气阀 50 卡入外物时，在阀座 74 没有恰当地装在气缸盖 92 上并且在气缸盖 92 上具有不合适的姿态或位置时以及因为某些原因进气阀 50 弯曲时，等等，进气阀 50 在转动时（图 3）便不能恰当地座于阀座 74 上。因此气缸工作体积的气密性在应当保持时而不能保持。对于各个排气阀也是这种情况。发动机上述的缺陷可以出现而与发动机 90 的组装缺陷无关。下面的说明涉及卡入外物的缺陷，这种缺陷可以作为能够以同样方式确定或鉴定的其它缺陷的代表。

图 48 是曲线图，示出在正常发动机气缸上测得的排气压力 P_{EX} 的变化和缺陷为排气阀卡入外物的发动机气缸上测得的排气压力 P_{EX} 的变化。从曲线图可以看出，后一个排气压力 P_{EX} 在对应于正常发动机上测得的前一个排气压力 P_{EX} 的恒定态期间（从排气压力开始恒定的角 $\theta_{EXconst}$ 到排气压力开始降低的角 θ_{EXdec} ）变化相当大。这是因为，如果气缸的排气阀 48 卡入外物，则在排气口 100 和气缸的工作体积之间不能保持气密性。因此在排气口 100 内的后一个压力 P_{EX} 便受到气缸工作体积内的压力的影响并发生变化，而如果阀 48 是正常的，则压力 P_{EX}

将常数。更具体地讲, 后一个压力 P_{EX} 在活塞移向其上死点位置 TDC 的期间增加, 因为在气缸中压缩的空气进入排气口 100。随后, 后一个压力在活塞移向其下死点位置 BDC 的期间降低, 因为气缸的工作体积增加, 并且排气口 100 中的高压空气流入工作体积。

在上述过程中, 后一个压力 P_{EX} 取最大值, 例如取图 48 所示例子中的约 110。该最大值比正常发动机上测得的排气压力最大值 P_{EXmax} (定为 100) 大出约 10%。另外, 在同一过程中, 后一压力 P_{EX} 取最小值, 例如取图 48 所示例子中的约零。因此, 如果发动机 90 具有排气阀外物卡入的缺陷, 则在发动机 90 上测得的排气压力 P_{EX} 在对应于正常发动机上测得的排气压力 P_{EX} 恒定状态的期间将在 0 和 110 之间变化。因为在正常发动机上测得的排气压力恒定值 $P_{EXconst}$ 恒定在约 9, 所以排气压力恒定值差 β 将在约 -9 和约 101 之间变化, 该差 β 在发动机正常是恒定的。

图 49 是曲线图, 示出在正常发动机气缸上测得的排气压力 P_{EX} 的变化和在缺陷为进气阀卡入外物的发动机气缸上测得的排气压力 P_{EX} 的变化。在正常发动机中, 排气压力最大值角 θ_{EXmax} 等于进气阀 50 打开(图 6)的 CS 角 θ_{INopen} , 该最大值角 θ_{EXmax} 是排气压力取最大值 P_{EXmax} 的曲轴角 θ_{crank} 。然而在具有进气阀卡入外物的缺陷的发动机中, 排气压力 P_{EX} 在小于角度 θ_{INopen} 的 CS 角取最大值 P_{EXmax}' 。因此, 排气压力最大值角度差 Γ 在图 49 所示的例子约为 -26。在发动机具有进气阀卡入外来物的情况下, 在活塞位于气缸中其上死点位置 TDC 附近时即排气压力 P_{EX} 在最大值 P_{EXmax}' 附近时, 排气口 100 保持与气缸的相应内部空间和进气口 92 流体相通。即, 排气压力 P_{EX} 取最大值 P_{EXmax}' 的 CS 角度的变化取决于排气口 100、气缸的工作体积内和进气口 92 的相应压力。

在发动机 90 具有进气阀卡入外物的缺陷但没有排气阀卡入外物的缺陷时, 在对应于正常发动机的排气压力恒定状态的期间排气压力 P_{EX} 取恒定值 $P_{EXconst}'$ 。然而该恒定值 $P_{EXconst}$ 不同于正常发动机的恒定值 $P_{EXconst}$ 。为是因为气缸的工作体积经进气口 90 与大气保持流体相通。因此在气缸中压缩的空气压力在基本上整个 CS 角的范围内低于在正常气缸上测得的压力。即最大值 P_{EXmax}' 小于正常气缸的最大值

P_{EXmax} 。在图 49 所示的例子中, 最大值 P_{EXmax}' 和恒定值 $P_{EXconst}'$ 分别约为 21 和 0。差值 α 、 β 分别约为 - 79 和 - 9。

在发动机 90 具有进气阀卡入外物的缺陷时, 排气压力 P_{EX} 开始取恒定值 $P_{EXconst}'$ 的 CS 角小于在正常发动机上测得的角度。在正常发动机中, 该 CS 角等于排气阀 48 开始关闭的角度。然而在有缺陷的发动机 90 中, 进气口 92、排气口 100 和气缸的工作体积中的相应压力彼此平衡的时间早于正常发动机, 因为在气缸中的压力低于在正常气缸中的压力。因此排气压力开始恒定的角度差 Σ 取负值, 即取示于图 49 的例子中的约 - 18。恒定压力 $P_{EXconst}'$ 约为零 (根据表压), 即基本上等于大气压。

图 50 是一个表, 与图 24 的表不同之处在于, 前一个表还额外包括在发动机 90 的进气阀或排气阀发生卡入外物缺陷而与其它缺陷无关的情况下测得的排气压力最大值差 α 、排气压力恒定值差 β 、排气压力最大值的角度差 Γ 和排气压力开始恒定的角度差等参数的相应实际值。

在第四实施例中, 主要依赖于涉及排气压力恒定值差 β 的量测试发动机 90。下面说明本发明的第四发动机测试方法。

图 51 是流程图, 示出用在第四实施例中的发动机测试程序的主程序, 该程序代替第一实施例用的图 25 所示的主程序。本测试程序预先贮存在缺陷检测器 117 的 ROM 中, 该程序由检测器的 CPU 和 RAM 执行。按照此主程序, 缺陷检测器鉴定发动机 90 的缺陷的存在或不存在。如果发动机 90 没有缺陷, 则检测器令图 52 所示的显示器 118 显示发动机 90 已通过测试。另一方面, 如果发现缺陷, 则检测器 117 鉴定出或确定缺陷是什么缺陷, 然后令显示器显示发动机未通过测试, 并且另外显示出所找到的缺陷。在本试验程序中, 如果有缺陷则只出现一个缺陷, 即不同时出现两个或多个缺陷。

缺陷检测器 117 或其 CPU 首先在步骤 T100 判断下列参数的相应值是否分别落在七个参考范围内, 即在发动机 90 的六个气缸 # 1 ~ # 6 的各个气缸上测得的参数: 排气压力最大值差 α 、排气压力恒定值差 β 、排气压力最大值的角度差 Γ 、排气压力开始恒定的角度差 Σ 、排气压力开始减小的角度差 Φ 、进气压力最大值的角度差 Λ 和进气压力开始增加的角度差 Ψ 。通过许多正常发动机 (例如 1000 台发动机) 的测试可以得到表

中所示七个差值中各个差值的标准偏差 σ ，因此参考范围确定为 $0 \pm 3\sigma$ 。彼此不同的七个参考范围可以分别表示为 α_{TH} 、 β_{TH} 、 Γ_{TH} 、 Σ_{TH} 、 Φ_{TH} 、 Λ_{TH} 、 Ψ_{TH} 。当组装的发动机 90 是正常时，差值 α 例如将落在 $0 \pm \alpha_{TH}$ 的范围内，即条件表达式 $0 - \alpha_{TH} \leq \alpha \leq 0 + \alpha_{TH}$ 成立。因此，如果七个差值的相应条件表达式均成立，则在步骤 T100 得到肯定判断，此时，CPU 的控制器走到步骤 T102，令显示器 118 点亮 OK 灯 200，该灯表示没有找出缺陷，发动机 90 通过测试。随后 CPU 退出主程序。另一方面，如果在步骤 T100 得到否定判断，即发现缺陷，则控制器进到步骤 T104，点亮 NG 灯 202，该灯表示有缺陷，发动机 90 未通过测试。随后，CPU 的控制器进到步骤 T106，即进到缺陷鉴定或确定子程序。然后从步骤 T106 进到步骤 T108，点亮显示器 118 上对应于在步骤 T106 确定的缺陷的灯。随后 CPU 退出主程序。

如上所述，在本发动机测试方法中，主要利用涉及排气压力恒定值差 β 的量，即差值 β 本身、排气压力开始降低的角度差 Φ 和排气压力开始恒定的角度差 Σ ，来寻找组装发动机 90 所产生的许多缺陷中的各个缺陷。然而可以应用其它种类的差值。例如在步骤 T100 可以采用所有七种差值。

图 53 是流程图，示出图 51 的步骤 T106 调用的缺陷鉴定子程序。在本子程序中，缺陷检测器 117 的 CPU 在步骤 T200 首先使十个缺陷标志中的各个标志初始化到 OX00，该十个标志对应于在图 50 的表中指出的缺陷。在本实施例，缺陷检测器 117 的 RAM 具有的缺陷标志与第一实施例中应用的示于图 28 的标志相同，但另加上两个标志“flag_{ina}”和“flag_{exa}”，这两个标志分别对应于进气阀和排气阀卡入外物。如图 54 所示，这两个标志中的各个标志还包括一个字节数据，即 8 位数据。如果没有找到缺陷，则各个标志保持 OX00。标志“flag_{ina}”的较低六位分别代表发动机 90 的气缸 # 1 ~ # 6 的进气阀卡入外物的存在与否，而标志“flag_{exa}”的较低六位则分别代表气缸 # 1 ~ # 6 的排气阀是否卡入外来物。这两个标志的相应最高位（左端位）是有疑问的缺陷位，其中各个有疑问的缺陷位可设定为 1，表示对应的缺陷是有疑问的但不能确定。

步骤 T200 之后是步骤 T202 ~ T226。T202 是曲轴皮带轮测试，用

于确定赋与标志“flagcrvk”的值。步骤 T206 是凸轮皮带轮试验, 用于确定在标志“flagcam”上设定的值。步骤 T210 是随动齿轮测试, 用于确定在标志“flagdrvn”上设定的值。步骤 T214 是外物卡入测试, 用于确定在标志“flagina”、“flagexa”上设定的值。步骤 T218 是阀的游隙测试, 用于确定在标志“flagins”、“flaginl”、“flagexs”、“flagexl”上设定的值。步骤 T222 是压缩环测试, 用于确定在标志“flagring”上设定的值。如果在这些步骤的任何一个步骤上找出缺陷, 即如果在步骤 T204、T208、T212、T216、T220 和 T224 中的任何一个步骤上得到否定判断, 则 CPU 直接退出缺陷鉴定子程序, 不再执行其余步骤。这种方式对应于上述假定, 即在发动机 90 上仅出现一个缺陷。如果在步骤 T204、T208、T212、T216、T220 和 T224 的各个步骤得到肯定判断, 则 CPU 的控制器进到下面将说明的步骤 T226。随后 CPU 退出本子程序。

下面首先说明图 53 的步骤 T202 应用的曲轴皮带轮测试程序。

图 55 是流程图, 示出图 53 的程序步 T202 调用的曲轴皮带轮测试子程序。缺陷检测器 117 的 CPU 首先在步骤 T300 判断对应于由变量“i”表示的现在气缸的变量 $J1_i$ 是否是 1。变量 $J1_i$ 由以下逻辑表达式定义:

$$J1_i = (-\beta_{TH} \leq \beta_i \leq \beta_{TH}) \cap (15 - \Sigma_{TH} \leq \Sigma_i \leq 15 + \Sigma_{TH}) \\ \cap (15 - \Phi_{TH} \leq \Phi_i \leq 15 + \Phi_{TH}) \quad \dots (1)$$

变量“ $J1_i$ ”取 1, 相当于上述表达式是正确时的真, 或取 0, 相当于上述表达式是不正确时的假。如果对应于每个气缸 # 1 ~ # 6 的变量 $J1_i$ 为 1 (即真), 则 CPU 的控制器走到步骤 T302, 使得在缺陷标志“flagcrnk”中设定表示曲轴皮带轮快一齿的 OXO1。然后 CPU 退出本子程序。另一方面, 如果对应于至少一个气缸 # 1 ~ # 6 的变量 $J1_i$ 为 0 (即假), 则控制器进到步骤 T304, 判断对应于由变量“i”表示的现在气缸的变量 $J2_i$ 是否为 1。变量 $J2_i$ 由以下逻辑表达式定义:

$$J2_i = (-\beta_{TH} \leq \beta_i \leq \beta_{TH}) \cap (-15 - \Sigma_{TH} \leq \Sigma_i \leq -15 + \Sigma_{TH}) \\ \cap (-15 - \Phi_{TH} \leq \Phi_i \leq -15 + \Phi_{TH}) \quad \dots (2)$$

如果对应于每个气缸 # 1 ~ # 6 的变量 $J2_i$ 为 1 (即真), 则控制器走到步骤 T306, 使得在标志 “flagcrnk” 中设定表示曲轴皮带轮慢一齿的 OXO2。随后 CPU 退出子程序。另一方面, 如果对应于至少一个气缸 # 1 ~ # 6 的变量 $J2_i$ 为 0 (即假), 则 CPU 直接退出子程序。

在步骤 T304 得到否定判断表示曲轴皮带轮 18 是正常的。只在这种情况下, 标记 “flagcrnk” 的内容才保持在图 53 的步骤 T200 被初始化的并在步骤 T204 得到肯定判断的 OXOO。随后控制器走到步骤 T206。

图 56 是流程图, 示出图 53 的步骤 T206 应用的凸轮皮带轮测试子程序。首先 CPU 在步骤 T400 判断对应于左机组的每个气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J2_i$ 是否为 1 (即真)。我们将左机组奇数气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J2_i$ 称作变量 $J2_{\text{odd}}$ 。下标 “odd” 表示变量 “i” 的内容是奇数。如果在步骤 T400 获得肯定判断, 则 CPU 的控制器走到步骤 T402, 在缺陷标志 “flagcam” 中设定表示左凸轮皮带轮 24 快一齿的 OXO1。随后 CPU 退出本子程序。另一方面, 如果对应于至少一个气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J2_{\text{odd}}$ 为 0 (即假), 则控制器走到步骤 T404, 判断对应于左机组的每气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J1_i$ 是否为 1 (即真)。以下我们将左机组的奇数编号气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J1_i$ 称作变量 $J1_{\text{odd}}$ 。如果在步骤 T404 得到肯定判断, 则 CPU 的控制器走到 T406, 在标志 “flagcam” 中设定表示左凸轮皮带轮 24 慢一齿的 OXO2。随后 CPU 退出子程序。另一方面, 如果对应于至少一个气缸 # 1、# 2、# 3 的变量 $J1_{\text{odd}}$ 为 0 (即假), 则控制器走到步骤 T408, 判断对应于右机组的每一个气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J2_i$ 是否为 1 (即真)。下面我们将右机组的偶数编号气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J2_i$ 称作为变量 $J2_{\text{even}}$ 。下标 “even” 表示变量 “i” 的内容是偶数。如果在步骤 T408 得到肯定判断, 则 CPU 的控制器走到步骤 T410, 在标志 “flagcam” 中设定表示右凸轮皮带轮 26 快一齿的 OXO4。随后 CPU 退出子程序。另一方面, 如果对应于至少一个气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J2_{\text{even}}$ 为 0 (即假), 则控制器走到步骤 T412, 判断对应于右机组每个气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J1_i$ 是否为 1 (即真)。以下将右机组的偶数编号气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J1_i$ 称作变量 $J1_{\text{even}}$ 。如果在步骤 T412 得到肯定判断, CPU 的控制器走到步骤 T414, 在标志 “flagcam” 中设定

表示右凸轮皮带轮 26 慢一齿的 OXO8。随后 CPU 退出子程序。另一方面，如果对应于至少一个气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J1_{\text{even}}$ 为 0（即假），则 CPU 直接退出子程序。在步骤 T412 得否定判断表示两个凸轮皮带轮 24、26 是正常的。只有在这种情况下，标志“flagcam”的内容才保持在图 53 的步骤 T200 初始化时的 OXOO，并且在步骤 T208 得到肯定判断。然后控制器走到步骤 T210。

图 57 是流程图，示出图 53 的步骤 T210 应用的随动齿轮测试子程序。CPU 首先在步骤 T500 判断对应于左机组每个气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J3_i$ （表示为 $J1_{\text{odd}}$ ）是否为 1（即真）。变量 $J3_i$ 由以下逻辑表达式定义：

$$J3_i = (-10 - \beta_{\text{TH}} \leq \beta_i \leq -10 + \beta_{\text{TH}}) \cap (-8.4 - \Sigma_{\text{TH}} \leq \Sigma_i \leq -8.4 + \Sigma_{\text{TH}}) \cap (-\phi_{\text{TH}} \leq \phi_i \leq \phi_{\text{TH}}) \quad \dots (3)$$

如果在步骤 T500 得肯定判断，则 CPU 的控制器走到步骤 T502，在缺陷标志“flagdrvn”中设定表示左随动齿轮 40 快一齿的 OXO1。随后 CPU 退出本子程序。另一方面，如果在步骤得到否定判断，则控制器走到步骤 T504，判断对应于左机组的每个气缸 # 1、# 3、# 5 的变量 $J4_i$ （表示为 $J4_{\text{odd}}$ ）是否为 1（即真）。变量 $J4_i$ 由以下逻辑表示式定义：

$$J4_i = (36 - \beta_{\text{TH}} \leq \beta_i \leq 36 + \beta_{\text{TH}}) \cap (-\Sigma_{\text{TH}} \leq \Sigma_i \leq \Sigma_{\text{TH}}) \cap (-\phi_{\text{TH}} \leq \phi_i \leq \phi_{\text{TH}}) \quad \dots (4)$$

如果在步骤 T504 得到肯定判断，则 CPU 的控制器走到步骤 T506，在标志“flagdrvn”中设定表示左随动齿轮 40 慢一齿的 OXO2。随后 CPU 退出子程序。另一方面，如果在步骤 T504 得到否定判断，则控制器走到步骤 T508，判断对应于右机组的每个气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J3_i$ （ $J3_{\text{even}}$ ）是否为 1（即真）。如果在步骤 T508 得到肯定判断，则 CPU 的控制器走到步骤 T510，在标志“flagdrvn”中设定表示右随动齿轮 42 快一齿的 OXO4。然后 CPU 退出子程序。另一方面，如果在步骤 T508 得到肯定判断，则控制器进到步骤 T512，判断对应于右机组的每个气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $J4_i$ （ $J4_{\text{even}}$ ）是否为 1（即真）。

如果在步骤 T512 得到肯定判断, 则 CPU 的控制器进到步骤 T514, 在标志 “flagdrvn” 中设定表示右随动齿轮 42 慢一齿的 OX08. 随后 CPU 退出子程序. 另一方面, 如果在步骤 T512 得到否定判断, 则 CPU 直接退出子程序. 在步骤 T512 得到否定判断表示两个随动齿轮 40、42 是正常的. 只有在这种情况下, 标志 “flagdrvn” 的内容才保持在图 53 的步骤 T200 被初始化时的 OX00, 并且在步骤 T212 得到肯定判断. 随后控制器走到步骤 T214.

图 58 是流程图, 示出在图 53 的步骤 T214 调用的卡入外物的测试子程序. CPU 首先在步骤 T600 设定变量 “buf” 为 OX01, 在步骤 T602 CPU 将变量 “i” 初始化为 0, 此 0 对应于第一活塞或气缸 # 1. 随后 CPU 在步骤 T604 判断对应于现在气缸的变量 $J5_i$ 是否为 1 (即真). 变量 $J5_i$ 由以下逻辑表达式定义:

$$J5_i = (\text{MAX}\beta_{\text{TH}} < \text{MAX}(\beta_i)) \cap (-\Sigma_{\text{TH}} \leq \Sigma_i \leq \Sigma_{\text{TH}}) \cap (-\phi_{\text{TH}} \leq \phi_i \leq \phi_{\text{TH}}) \quad \dots (5)$$

$\text{MAX}(\beta_i)$ 是一个函数, 它提供可变排气压力恒定值差 β_i (图 48) 的最大值, 而 $\text{MAX}\beta_{\text{TH}}$ 是阈值. 在本实施例中, 该阈值选为 60. 然而, 可以选任何可使 CPU 在步骤 T604 进行可靠判断的值作为阈值. 例如可以用在正常发动机上测得的平均值 β 加上 3σ 作阈值. 即差值 β_i 大于阈值是一个判断卡入外物发生的条件. 在步骤 T504 得到肯定判断表示在用变量 “i” 表示的现在气缸的排气阀或多个排气阀 48 上发生外物卡入. 在这种情况下, CPU 的控制器走到步骤 T606, 将标志 “flagexa” 与变量 “buf” 的逻辑和再赋于标志 “flagexa”. 随后, 标志 “flagexa” 的对应于现在气缸的较低六位中的一位改变到 1, 该 1 表示在那个气缸上发生缺陷.

另一方面, 如果在步骤 T604 得到否定判断, 则控制器走到步骤 T608, 判断对应于现在气缸的变量 $J6_i$ 是否为 1 (即真). 变量 $J6_i$ 由下列逻辑表达式定义:

$$J6_i = (\beta_i < -\beta_{\text{TH}}) \cap (\Sigma_i < -\Sigma_{\text{TH}}) \cap (-\phi_{\text{TH}} \leq \phi_i \leq \phi_{\text{TH}}) \quad \dots (6)$$

在步骤 T608 得到肯定判断表示由变量“i”表示的现在气缸的进气阀或多个进气阀 50 上发生外物卡入,在这种情况下,控制器走到步骤 T610,将变量“buf”的内容与标志“flagina”的内容的逻辑和再设定在标志“flagina”中。另一方面,如果在步骤 T608 得到否定判断,则控制器走到步骤 T612,该步骤也在步骤 T606 或步骤 T610 之后。在步骤 T612, CPU 将 1 加在变量“i”的内容上。然后由步骤 T612 进到步骤 T614,判断变量“i”的内容是否等于 6。如果在步骤 T614 得到肯定判断,则 CPU 退出本子程序。另一方面,如果得到否定判断,则控制器走到步骤 T616,使变量“buf”中 1 从现在位移到下一个较高位,使得分配给具有 1 的位的数字(0、1、2、3、4 或 5)与由变量“i”的内容表示的编号相同。然后 CPU 的控制器返回步骤 T604。设定在标志“flagexa”位或标志“flagina”位中的值 1 表示在对应该位的气缸上出现缺陷。

图 59 是流程图,示出图 53 的步骤 T218 调用的阀游隙测试子程序。CPU 首先在步骤 T700 将变量“buf”设定为 OX01,并在步骤 T702, CPU 将变量“i”初始化为 0,该 0 对应于第一活塞或气缸#1。随后 CPU 在步骤 T704、T708、T712 和 T716 利用四个变量 J7_i、J8_i、J9_i、J10_i 判断在现在气缸上是否出现进气阀游隙或排气阀游隙的小或大的状态,该四个变量分别由以下四个逻辑表达式定义:

$$J7_i = (\beta_i < -\beta_{TH}) \cap (\Gamma_i < -\Gamma_{TH}) \cap (-\Sigma_{TH} \leq \Sigma_i \leq \Sigma_{TH}) \cap (-\Phi_{TH} \leq \Phi_i \leq \Phi_{TH}) \dots (7)$$

$$J8_i = (\beta_{TH} < \beta_i) \cap (-\Sigma_{TH} \leq \Sigma_i \leq \Sigma_{TH}) \cap (-\Phi_{TH} \leq \Phi_i \leq \Phi_{TH}) \cap (\Gamma_{TH} < \Gamma_i) \dots (8)$$

$$J9_i = (\beta_i < -\beta_{TH}) \cap (\Sigma_{TH} < \Sigma_i) \cap (\Phi_i < -\Phi_{TH}) \dots (9)$$

$$J10_i = (\beta_{TH} < \beta_i) \cap (-\Sigma_{TH} \leq \Sigma_i \leq \Sigma_{TH}) \cap (-\Phi_{TH} \leq \Phi_i \leq \Phi_{TH}) \cap (-\Gamma_{TH} \leq \Gamma_i \leq \Gamma_{TH}) \dots (10)$$

在(8)(10)的各个表达式中计入排气压力最大值的角度差 Γ_i ,因为从图 50 的表可以看出,只根据排气压力恒定值差 β_i 、排气压力开始恒定的角度差 Σ_i 和排气压力开始减小的角度差 Φ_i 不能相互区分进气阀游

隙和排气阀游隙的相应的大的状态。在下面情况也需要考虑差值 Γ_i ，因为从图 50 可以明显看出，只根据上述那些差值不能相互区分压缩环遗漏（以下交参照图 60 说明这种测试）和进气阀游隙小的状态。

如果判断出变量 $J7_i$ 为 1（真）即如果在步骤 T704 得到肯定判断，则 CPU 的控制器走到步骤 T706，将变量“buf”的内容与缺陷标志“flagins”的内容的逻辑和重新设定在标志“flagins”中。如果在步骤 T708 判定变量 $J8_i$ 为 1（真），则 CPU 的控制器走到步骤 T710，将变量“buf”的内容与标志“flaginl”的内容的逻辑和重新设定在缺陷标志“flaginl”中。如果在步骤 T712 判断出变量 $J9_i$ 为 1（真），则 CPU 的控制器走到步骤 T714，将变量“buf”的内容与缺陷标志“flagexs”的内容的逻辑和重新设定在标志“flagexs”中。如果在步骤 T716 判定变量 $J10_i$ 为 1（真），则 CPU 的控制器走到步骤 T718，将变量“buf”的内容与缺陷标志“flagexl”的内容的逻辑和重新设定在标志“flagexl”中。在步骤 T720，使变量“i”增加 1，而在步骤 T722 CPU 判断变量“i”的内容是否等于 6。如果在步骤 T722 得到肯定判断，则 CPU 退出子程序。另一方面，如果得到否定判断，则控制器走到步骤 T724，使 1 从变量“buf”中的现在位移到下一个较高位，使得分配给具有 1 的位的数字与在步骤 T720 增量的变量“i”的内容的数字相同。然后 CPU 的控制器回到步骤 T704。

图 60 是流程图，示出在图 53 的步骤 T222 调用的压缩环测试子程序。CPU 首先在步骤 T800 使变量“buf”设定为 OXO1，而在步骤 T802 CPU 使变量“i”初始化为 0，该 0 对应于第一活塞或气缸 # 1。随后 CPU 在步骤 T804 判断对应于现在气缸的变量 $J11_i$ 是否为 1（真）。该变量 $J11_i$ 由以下逻辑表达式定义：

$$J11_i = (B_i \leq B_{TH}) \cap (-\Gamma_{TH} \leq \Gamma_i \leq \Gamma_{TH}) \cap (-\Sigma_{TH} \leq \Sigma_i \leq \Sigma_{TH}) \cap (-\Phi_{TH} \leq \Phi_i \leq \Phi_{TH}) \dots (11)$$

在逻辑表达式（11）中，计入排气压力最大值的角度差 Γ_i ，以便使压缩环遗漏可以与进气阀游隙小的状态相区分。然而在本子程序中，可以从逻辑表达式（11）中删去涉及差值 Γ_i 的条件表达式，因为差值 Γ_i 已在步骤 T218 加以考虑，即，使进气阀游隙小的缺陷与压缩环遗漏的缺

陷相区别的阀游隙测试。在步骤 T804 得到肯定判断表示在现在气缸的活塞上出现压缩环泄漏。在这种情况下, CPU 的控制器走到步骤 T806, 将变量“buf”的内容与缺陷标志“flagring”的内容的逻辑和重新设定在缺陷标志“flagring”中。在步骤 T808 中, 将 1 加在变量“i”上, 而在步骤 T810 CPU 判断变量“i”的内容是否等于 6。如果在步骤 T810 获得肯定判断, 则 CPU 退出子程序。另一方面, 如果得到否定判断, 控制器走到步骤 T812, 使 1 从变量“buf”中的现在位移到下一较高的位。随后 CPU 的控制器退回到步骤 T804。

步骤 T224 后面是步骤 T226, 即一个辅助步骤。只有在图 53 的缺陷鉴定子程序的步骤 T200 ~ T224 没有鉴定出或确定缺陷时, CPU 的控制器才走到这一步。然而当图 51 的主程序显示发动机 90 可能有某种缺陷时则调用图 53 的子程序。即, CPU 达到步骤 T226 的事实表明, 从图 53 的子程序测得的测试结果与图 51 的子程序测得的结果有矛盾。然而 CPU 不知道其中原因。因此 CPU 将 1 设定在每个缺陷标志的最高位, 使得显示器 118 上对应于缺陷标志的灯发亮。因此缺陷检测器 117 可以防止本身错误地判断出发动机 90 是正常的, 尽管存在测试结果的不一致性。

下面参考图 61 说明本发明的第五实施例, 其中由图中所示的发动机测试装置执行本发明的测试方法。图 61 所示的测试装置基本上类似于图 4 所示的装置。与图 4 的编号相同的编号表示图 61 所示装置中的对应部件或部分, 并在下面省去这些部件或部分的说明。在本测试方法中, 大体为管形的支承件 450 固定在六个排气口 100 的各处排气口上。两个 O 形环 104 装在支承件 450 的两个相对端面上, 以保持气密性。支承件 450 两个端面中的一个端面保持与排气口 100 密接。盖部件 102 装在支承件 450 的另一端面。当盖部件关闭或打开时, 排气阀侧空间(即排气口 100 和支承件 450 的相应内部空间)便关闭或打开。图 61 示出盖部件 102 位于其打开状态。在盖部件 102 关闭时, 排气口 100 和支承件 450 的相应内空间便与大气隔离。压力传感器 106 装在六个支承件 450 的各个支承件上, 其位置位于传感器 106 可以测量各个支承件 450 内空间中的压力的位置。因此压力传感器 106 可以在空间位于其关闭状态时和位于其打开状态时测量排气阀侧空间中的压力。对于各个进气口也提供类似的装

置。具体地讲,大体为管形的支承件 454 固定在六个进气口 92 的各个进气口上。两个 O 形环 104 装在支承件 454 的两个相对端面上以保持气密性。支承件 454 两个端面中的一个端面与进气口 92 保持密接。盖部件 458 装在支承件 454 的另一端面上。当盖部件关闭或打开时进气阀侧空间(即进气口 92 和支承件 454 的相应内部空间)便关闭或打开。图 61 示出盖部件 458 位于其关闭状态。在盖部件 458 关闭时,进气口 92 和支承件 454 的相应内空间便与大气隔离。压力传感器 98 装在六个支承件 454 的各个支承件上,位于传感器 98 可以测定各个支承件 454 内部空间中压力的位置。因此在空间处于其关闭状态和其打开状态时压力传感器均可测量进气阀侧空间中的压力。各个盖部件 102、458 可在控制装置 119 的控制下由驱动装置(未示出)在其关闭和打开状态之间进行切换。

因而盖部件 102 可以关闭和打开而与盖部件 458 的关闭和打开无关。在本实施例中,如下面将说明,为测试发动机 90 将采用两种复盖方式:在第一种复盖方式中,盖部件 102 打开而盖部件 458 关闭,在第二种复盖方式中则相反。也可以以所有的盖部件 102、458 均打开或均关闭的方式执行发动机测试。然而这些方式只用于很特定的目的,所以下面省略其详细说明。

第一种复盖方式类似于本发明测试方法的第四实施例中所用的复盖方式,因为排气阀侧空间是关闭的,而进气阀侧空间是打开的。因而可以根据在第一复盖方式中测量的排气压力 P_{EX} 获得类似于图 50 所示结果的结果(即排气压力最大值差 α 、排气压力恒定值差 β 、排气压力最大值角度差 Γ 、排气压力开始恒定的角度差 Σ 和排气压力开始减小的角度差 Φ)。虽然在第四实施例中象图 4 所示的第一实施例那样应用了进气歧管 94,但是在本第五实施例却没有应用进气歧管。这样便造成在两个实施例上测得的相应排气压力 P_{EX} 有差别。然而这种差别很小。下面分别用符号 α_{EX} 、 β_{EX} 、 Γ_{EX} 、 Σ_{EX} 、 Φ_{EX} 表示在第一种复盖方式中测得的差值 α 、 β 、 Γ 、 Σ 、 Φ 。

在第二种复盖方式中,驱动马达 125 沿相反方向转动,使曲轴 18 沿正常方向的相反方向转动,该正常方向是发动机 90 实际由燃油操作时曲轴 18 的转动方向。因此由六个压力传感器测得的相应进气压力 P_{IN} 其变化便象在第一种复盖方式中由六个压力传感器 106 测得的相应排气压力

P_{EX} 一样。因而控制装置 119 可在各个气缸上测得分别对应于差值 α_{EX} 、 β_{EX} 、 Γ_{EX} 、 Σ_{EX} 、 Φ_{EX} 的排气压力最大值差 α_{IN} 、排气压力恒定值差 β_{EX} 、排气压力最大值角度差 Γ_{IN} 、排气压力开始恒定的角度差 Σ_{IN} 和排气压力开始减小的角度差 Φ_{IN} 。在本实施例中，在第一种复盖方式中可以测得六个排气压力信号 P_{EX} 的相应波形，而在第二种复盖方式中可以测得六个进气压力信号 P_{IN} 的相应波形。因此和第四实施例相比，可以获得更多的关于发动机 90 的现在状态的信息。

图 62 是曲线图，示出在第二种复盖方式中第一活塞 # 1 的位置 PP 和第一气缸 # 1 的进气压力 P_{IN} 相对于曲轴角 θ_{crank} 的相应变化。在图中，随着时间 t 的经过，角度 θ_{crank} 从 720° 减小到 0° 。相对于角度 $\theta_{crank} = 360^\circ$ 的中心线使图 6 所示的值进行调换更可以得到图 62 所示的排气阀 48 或进气阀 50 的打开时刻。因此相对于中心线调换图 6 所示值便可以得到图 62 所示的排气阀 48 或进气阀 50 的打开和关闭时刻。图 6 和 62 相比较可看出，图 62 所示的进气压力 P_{IN} 的变化与马达 125 在正常方向转动时得到的变化完全不一样，但类似于该变化。可以利用这个事实来确定对应于进气阀 50 关闭时刻的曲轴（CS）角。具体是，第二种复盖方式中对应于进气压力 P_{IN} 从恒定值开始减小时刻的曲轴角等于对应于进气阀 50 关闭时刻的 CS 角。此角度（以后称作“进气压力开始减小角”）用符号 θ_{INdec} 表示。进气阀 50 的打开时刻和排气阀 48 的打开和关闭时刻在第一种复盖方式中是已知的，如图 6 所示。因此在本发动机测试方法中，控制装置 119 可以准确确定对应于排气阀和进气阀 48、50 的打开和关闭时刻。然而应注意到，示于图 6 的进气压力最大值角 θ_{INmax} 不同于示于图 62 的进气压力最大值角 θ_{INmax} ，虽然两个角中的各个角对应于进气压力 P_{IN} 达到最大值的时刻，因为两个角是在不同的复盖方式中测得的。

在实际进行发动机测试时，图 6 所示的排气压力开始减小角 θ_{EXdec} 、排气压力最大值角 θ_{EXmax} 和排气压力恒定角是根据第一种复盖方式测量的排气压力 P_{EX} 获得的。在第二种复盖方式中，图 62 所示的进气压力开始减小角 θ_{INdec} 、进气压力最大值角 θ_{INmax} 和进气压力恒定值角 $\theta_{INconst}$ 是根据测量的进气压力 P_{IN} 获得的。角度 θ_{EXdec} 对应于发动机 90 在正常方向转动时排气阀 48 打开的时刻。角度 $\theta_{EXconst}$ 和角

度 θ_{INmax} 对应于发动机在正常方向转动时排气阀 48 关闭的时刻。然而在随动齿轮 40、42 快一齿的情况下, 角度 $\theta_{EXconst}$ 不对应于排气阀 48 关闭的时刻, 并且产生排气压力开始恒定的角度差 Σ_{EX} 。因此应当采用角度 θ_{INmax} 。同时, 角度 θ_{INdec} 对应于发动机 90 在正常方向转动时进气阀 50 关闭的时刻, 而角度 θ_{EXmax} 和角度 $\theta_{INconst}$ 对应于发动机 90 在正常方向转动时进气阀 50 打开的时刻。然而在随动齿轮 40、42 快一齿的情况下, 角度 $\theta_{INconst}$ 不对应于进气阀 50 的打开时刻, 并产生进气压力开始恒定的角度差 Σ_{IN} 。因而应当应用 θ_{EXmax} 。在本实施例中, 因为发动机 90 在第一和第二复盖方式中转动, 所以可得到对应于排气阀和进气阀 48、50 的打开和关闭时刻的相应角度 θ_{crank} 。

图 63 是流程图, 示出发动机测试程序的主程序, 该程序贮存在缺陷检测器 117 的 ROM 中并由检测器 117 的 CPU 和 RAM 执行。CPU 首先在步骤 T1000 操作, 以便在发动机测试装置上确立第一种复盖方式, 使驱动马达在正常方向转动。然后从步骤 T1000 进到步骤 T1002, 测量发动机 90 各个气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力并从相应的排气压力 P_{EX} 获得各个气缸的排气压力最大值差 α_{EX} 、排气压力恒定值差 β_{EX} 、排气压力最大值的角度差 Γ_{EX} 、排气压力开始恒定的角度差 Σ_{EX} 和排气压力开始减小的角度差 Φ_{EX} 。随后 CPU 的控制器走到步骤 T1004, 在测试装置上确立第二种复盖方式, 并沿相反方向转动驱动马达。然后从步骤 T1004 进到步骤 T1006, 测量发动机 90 的各个气缸 # 1 ~ # 6 的进气压力 P_{IN} , 并从相应的进气压力 P_{IN} 获得各个气缸的进气压力最大值差 α_{IN} 、进气压力恒定值差 β_{IN} 、进气压力最大值角度差 Γ_{IN} 、进气压力开始恒定的角度差 Σ_{IN} 和进气压力开始减小的角度差 Φ_{IN} 。

随后, CPU 的控制器走到步骤 T1008, 调用卡入外物测试子程序, 在此程序中 CPU 判断在各个气缸上是否有外物卡入。下面说明此程序。然后从步骤 T1008 进到步骤 T1010, 执行不是卡入外物测试的其它测试。然后控制器走到步骤 T1012, 根据缺陷标志的内容令显示器 118 点亮对应于在步骤 T1008 或步骤 T1010 已鉴定出或已确定的缺陷的灯。然后 CPU 退出主程序。在步骤 T1008 确定标志“flagins”、“flagexa”的内容, 而在步骤 T1010 确定其它八个标志的内容。

图 64 是流程图, 示出图 63 的步骤 T1008 调用的卡入外物测试子程

序。CPU 首先在步骤 T1100 使变量“buf”设定为 OX01, 在步骤 T1102 CPU 使变量“i”初始化为 0, 该 0 对应于第一活塞或气缸 # 1。随后, 在步骤 T1104 CPU 判断对应于现在气缸的由函数 $\text{mod}(\beta_{\text{EX}i})$ 提供的值是否为 1。该函数 $\text{mod}(x)$ 被定义为一个函数, 如果参数 x 变化大于参考量则该函数为 1, 如果不超过则该函数为 0。因此如果排气压力恒定值差 $\beta_{\text{EX}i}$ 变化超过参考量则在步骤 T1104 得到肯定判断。在本实施例中, 参考量被选为 60, 但是可以选任何值作参考量, 只要该值可使 CPU 根据差值 $\beta_{\text{EX}i}$ 能够判断在气缸的进气阀或多个进气阀 48 上是否存在外物的卡入。如果在步骤 T1104 得到肯定判断, 则控制器走到步骤 T1106, 将缺陷标志“flag_{exa}”的内容与变量“buf”的内容的逻辑和重新赋与标志“flag_{exa}”。随后标志“flag_{exa}”较低六位中对应于现在气缸的一位改变到 1, 该 1 表示在那个气缸上出现缺陷。随后控制器走到步骤 T1108, 另一方面, 如果在步骤 T1104 得否定判断, 则控制器直接走到步骤 T1108。

CPU 在步骤 T1108 判断对应于现在气缸的由函数 $\text{mod}(\beta_{\text{IN}i})$ 提供的值是否为 1。即 CPU 判断进气压力恒定值差 $\beta_{\text{IN}i}$ 其变化是否超过参考量。在本实施例中, 该参考量也选为 60。如果在步骤得到肯定判断, 则控制器走到步骤 T1110, 将缺陷标志“flag_{ina}”内容与变量“buf”内容的逻辑和再设定在标志“flag_{ina}”中。随后, 标志“flag_{ina}”的较低六位中的对应于现在气缸的一位改变到 1, 该 1 表示那个气缸出现缺陷。然后控制器走到步骤 T1112。另一方面, 如果在步骤 T1108 得到否定判断, 则控制器直接走到步骤 T1112。在步骤 T1112 CPU 使变量“i”的内容增加 1。然后从步骤 T1112 走到步骤 T1114, 判断变量“i”的内容是否等于 6。如果在步骤 T1114 得到肯定判断, 则 CPU 退出本子程序。另一方面, 如果得到否定判断, 控制器走到步骤 T1116, 将 1 从变量“buf”中的现在位移到下一个较高位, 使得分给具有 1 的位的数字 (0、1、2、3、4 或 5) 与由变量“i”的内容表示的编号相同。然后 CPU 的控制器回到步骤 T1104。因此, 本外物卡入试验程序可以提供很可靠的结果, 这种结果是通过判断差值 β_{EX} 或 β_{IN} 的变化是否超过参考量而获得的, 该差值 β_{EX} 或 β_{IN} 在发动机 90 没有外物卡入的缺陷时是不会变化的。

下面说明在图 63 的步骤 T1010 执行的其它测试程序。在此步骤根据 6 个气缸 # 1 ~ # 6 中各个气缸的差值 α_{EX} 、 β_{EX} 、 Γ_{EX} 、 Σ_{EX} 、 Φ_{EX} 、 α_{IN} 、 β_{IN} 、 Γ_{IN} 、 Σ_{IN} 和 Φ_{IN} 执行曲轴皮带轮测试、凸轮皮带轮测试、随动齿轮测试、阀的游隙测试和压缩环测试。这些测试基本上类似于在第四实施例中应用的曲轴皮带轮测试（图 55）、凸轮皮带轮测试（图 56）、随动齿轮测试（图 57）、阀的游隙测试（图 59）和压缩环测试（图 60）。然而因为在步骤 T1010 可以利用更多的信息，所以在此步骤可以获得更可靠的测试结果。

例如，在只判断进气阀游隙是小还是不小（假定在先前已知道没有产生其它种类的缺陷）时，可以利用在第二种复盖方式中得到的各个气缸的差值 Φ_{IN} 、 Σ_{IN} 。在图 50 的表中示出的涉及排气阀游隙的差值 Φ 、 Σ 。可以看作为在第二种复盖方式中得到的涉及进气阀游隙的差值。即在第二种复盖方式中，无论进气阀游隙是小还是不小均影响差值 Φ_{IN} 、 Σ_{IN} 。因此，如果进气阀游隙小而且如果假定小的进气阀游隙对差值 Φ_{IN} 、 Σ_{IN} 的影响与对差值 Φ_{EX} 、 Σ_{EX} 的影响相同，则差值 Φ_{IN} 取 - 6.4，差值 Σ_{IN} 取 6.4。因此通过判断差值 Φ_{IN} 是否取负值以及在同时差值 Σ_{IN} 是否取正值便可判断进气阀游隙是否小。

如果对应于在被测试发动机 90 上测得的进气阀 50 和排气阀 48 的打开和关闭时刻的相应曲轴角等于在正常发动机上测得的曲轴角，则可以判定发动机是正常发动机。在发动机 90 上测得的上述角度与在正常发动机上测得的角度一齐显示在显示器 118。该显示器 118 可以用个人计算机的显示器代替。在后一种情况下，将个人计算机连接于控制装置 119，使得可以在两个装置之间交换信息。在发动机 90 上测量的角度可以从控制装置 119 传送到个人计算机上，使得计算机的显示器可以显示从控制装置接收的角度。另外，计算机的显示器可以对每个气缸显示图 6 和 62 示出的曲线。在后一种情况下，在发动机 90 上测得的角度和在正常发动机上测得的角度之间的差值如果存在则可以显示在这些曲线上。如果计算机的显示器显示发动机 90 有缺陷，则操作者可以在发动机 90 上进行传感器检测。本测试方法可以用作预备测试法或筛选测试法，此方法可以帮助操作者作判定或确定在发动机 90 上已出现的缺陷。一般地讲，操作者可以很快和很准确地鉴定或确定缺陷。另外，因为控制装置 119 的

缺陷检测器 117 只需判断正测试的发动机 90 是否有缺陷, 所以检测器 117 的结构较简单。

在本实施例中每个气缸均装有压力传感器 98。如果在各个气缸的盖部件 458 上均形成小孔以限制空气流过, 或如果各个气缸的盖部件 458 的打开程度适合于改变, 则在第一种复盖方式中可以获得各个气缸的进气压力 P_{IN} 而与其它气缸的相应进气压力 P_{IN} 无关。在这种情况下, 气缸 90 可以在增多数目的状态下转动, 这有助于提高本发动机测试方法的可靠性和/或增加用此方法可以判定或确定缺陷种类的数目。在发动机 90 在第二种复盖方式下转动时这也适合于盖部件 102。

在第一复盖方式下, 发动机 90 除开在正常方向的转动外或取代在正常方向的转动而可以在相反方向转动。同样, 在第二种复盖方式下, 发动机 90 除开相反方向转动外或取代相反方向的转动还可以在正常方向转动。在每种状态下, 均可根据得到的测试结果估计发动机 90 的现在状态。

在第四和第五实施例中可以测试 V6 式 DOHC 汽油发动机。但本发明适合于测试各种发动机。例如在测试 SOHC 发动机的情况下, 可以省去确定随动齿轮 40、42 的缺陷的步骤。另外, 在进气凸轮轴 (32、34) 不是由随动齿轮 (40、42) 而是由不同的凸轮皮带轮驱动的那种 DOHC 发动机的情况下, 可以用寻找这些不同凸轮皮带轮的缺陷的测试步骤来代替用于寻找随动齿轮缺陷的测试步骤。同时, 在第四和第五实施例中, 根据排气压力 P_{EX} 的特征参数进行发动机测试。然而还可以应用图 50 的表中示出的其它参数和/或在图 8 的曲线图中示出的曲线的其它特征参数进行发动机测试。例如, 图 8 所示曲线的最大斜率或对应于最大斜率的曲轴角、曲线变化率大于参考值的间隔的长度和/或位置等也可以用来寻找发动机的缺陷或多个缺陷。本发明还适用于柴油发动机。

为了更可靠地鉴定或确定同时出现在一个发动机上的许多缺陷中的各个缺陷, 发动机测试装置可以从发动机上收集更多的信息。例如, 可以人为地在发动机上建立预定缺陷存在或不存在的各种可能组合, 然后用测试装置收集在发动机上确定的预定缺陷所有组合的各个组合中一组预定参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} 等相应值。然后用测试装置从正测试的发动机上测得一组预定参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} 等的相应值, 并将测得的

一组值与预先在所有缺陷组合中收集的各组值相比较,然后选出所有缺陷组合中的一种组合作为鉴定的或确定的发动机缺陷组合。在第四和第五的各个实施例中,测试装置寻找曲轴皮带轮 20、凸轮皮带轮 24、26 或随动齿轮 40、42 的快一齿状态或慢一齿状态。然而测试装置适合寻找各个皮带轮 20、24、26、40、42 中两个或多个快一齿的状态或慢一齿的状态。在最后的情况下,可以以更多的步骤分选参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} 等,以便更准确地确定缺陷或多个缺陷。在这种情况下,必须相互区分这些参数中各个参数相应值的较小差值。因为用在第四、第五各个实施例中的发动机测试装置可以很快地测得各个参数的许多值,所以可以采用例如统计分析这些值的方法很可靠地确定发动机的缺陷或多个缺陷。

下面说明本发明的第六实施例。第六实施例与上述第一实施例不同之处在于,在第一实施例中应用的图 25 的发动机测试程序用第六实施例中应用的图 67 的不同发动机测试程序代替。用在第一实施例中的图 4 的发动机测试装置也用在第六实施例中。因此省去测试的说明。本测试装置可以提供图 24 所示的表。

要是各个气缸的排气压力最大角度 θ_{EXmax} 的实际值(以度表示)不是根据曲轴传感器 114 的输出相对于参考值(例如 0 度)进行确定则不能得到图 24 的表中所示的排气压力最大角度差 Γ 、排气压力开始恒定角度差 Σ 、排气压力开始减小的角度差 Φ 等参数的相应值(以度表示)。即,通过使气缸 # 1 ~ # 6 的差值 Γ 的相应实际值相互比较,例如计算各对相继点燃气缸的差值 Γ 的相应实际值之间的差值或计算各对连续奇数编号(或偶数编号)气缸的差值 Γ 的相应实际值之间的差值不能得到图 24 的表中所示的差值 Γ 的值。根据在第一实施例中参照图 8、11 等图所作的差值 Γ 、 Σ 、 Φ 等的相应定义不难理解这一点。然而图 24 的表中所示的差值 Γ 、 Σ 、 Φ 等与通过相互比较气缸 # 1 ~ # 6 的各个差值 Γ 、 Σ 、 Φ 的相应实际值得到的信息密切相关。因此,在某些情况下,即使气缸 # 1 ~ # 6 的各个差值 Γ 、 Σ 、 Φ 等的相应实际值相对于其参考值不是已知的,但根据相互比较气缸 # 1 ~ # 6 的各个差值 Γ 、 Σ 、 Φ 等的实际值所得到的信息可以鉴定或确定至少一个发动机 90 的组装缺陷。以下说明这些情况。

例如, 通过计算六个气缸 # 1 ~ # 6 中各对相继点燃气缸的排气压力最大角 θ_{EXmax} 的相应实际值之间的差值得到排气压力最大角度的相对差值 $\Delta\Gamma_i$ ($i = 1 \sim 6$)。从气缸 # $i + 1$ 的角度 θ_{EXmax} 减去气缸 # i 的角度 θ_{EXmax} 便可得到相对差值 $\Delta\Gamma_i$ 。然而如 $i + 1$ 的值超过 6, 则使该值减少 6。同样, 计算六个气缸 # 1 ~ # 6 中各对相继点燃气缸的排气压力开始减小角 θ_{EXdec} 的相应实际值之间的差值便可以得到排气压力开始减小角的相对差 $\Delta\Sigma_i$, 通过计算各对相继点燃气缸的排气压力开始恒定角 $\theta_{EXconst}$ 的相应实际值之间的差可以得到排气压力开始恒定角的相对差 $\Delta\Phi_i$ 。如下所述可以利用相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 来确定发动机 90 的一个或多个组装缺陷。

图 65 是曲线图, 示出从六个气缸 # 1 ~ # 6 中各个气缸的排气压力 P_{EX} 波形得到的相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 的相应实际值。不需要 CS 传感器 114 的输出便可以得到相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 的相应值。例如采用在缺陷检测器 117 中提供的计时器 (未示出) 测量六个压力传感器中各个传感器的输出达到最大值的时间, 然后计算六个气缸 # 1 ~ # 6 中各对相继点燃气缸的相应测量时间之间的差便可以得到相对差 $\Delta\Gamma_i$ 的六个值。由此得到六个时间差值。将各个时间差值除以六个时间差值的总和, 再用对应于一个周期的 720° 乘以由此得到的值便可以将六个时间差值中的各个差值转换成曲轴角 (以度表示)。另外, 通过确定各个气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力 P_{EX} 从压力 P_{EX} 大体取恒值的恒定状态改变到压力 P_{EX} 很快减小的第一减小状态时的时间便可以确定相对差 $\Delta\Phi_i$, 各个气缸的排气压力 P_{EX} 由相应压力传感器 106 的输出提供。从图 6 可以明显看出, 对于正测试的发动机 90, 各个气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力 P_{EX} 的恒定状态占据各个周期总时间的 60 % 以上。象相对差 $\Delta\Gamma_i$ 一样, 通过计算六个气缸 # 1 ~ # 6 中各对相继点燃气缸的相应确定时间之间的差便可以得相对差 $\Delta\Phi_i$ 的六个值。相对差 $\Delta\Sigma_i$ 以与获得相对差 $\Delta\Phi_i$ 的方式相反的方式获得, 即通过确定各个气缸 # 1 ~ # 6 的排气压力 P_{EX} 从不同于第一减小状态的第二减小状态改变到恒定状态时的时间来获得。以后将上述方式称作“取决于时间差的相对角度差获得方式”。

相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 的相应值分别受到两个排气压力最大值角度的值 Γ_i 、 Γ_{i+1} 、两个排气压力开始减小的角度差的值 Φ_i 、 Φ_{i+1} 和两

个排气压力开始恒定的角度差的值 Σ_i 、 Σ_{i+1} 的影响。即相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 的相应值受到发动机90的组装状态的影响。例如，在发动机90的右机组的右凸轮皮带轮26快一齿时，如图65所示的情况下，相对差 $\Delta\Gamma_i$ 的六个值（即分别对应于六个气缸#1~#6的 $\Delta\Gamma_1$ 、 $\Delta\Gamma_2$ 、 $\Delta\Gamma_3$ 、 $\Delta\Gamma_4$ 、 $\Delta\Gamma_5$ 、 $\Delta\Gamma_6$ ）如图66所示可以在发动机90上测得。在图66外圆周上的六个编号1、2、3、4、5、6分别代表六个气缸#1~#6，六个编号的相应角位置表示六个气缸的相应排出压力 P_{EX} 取发动机90正常时的相应最大值的相应角位相。整个圆代表 720° 的CS角。因为在本实施例中不需要确定对应于CS角为零度的角位置，所以该位置在图中未示出。如果发动机90是正常的，则相对差 $\Delta\Gamma_i$ 的六个值（即 $\Delta\Gamma_1 \sim \Delta\Gamma_6$ ）是 120° （等 $720^\circ/6$ （气缸））。此角度称作“排气压力最大值角度的平均相对差 $\Delta\Gamma_m$ ”。

在发动机90的右凸轮皮带轮26快一齿的情况下，左机组的奇数编号气缸#1、#3、#5差值 Γ 的相应值（ Γ_1 、 Γ_3 、 Γ_5 ）为零，但右机组的偶数编号气缸#2、#4、#6的相应值（ Γ_2 、 Γ_4 、 Γ_6 ）不为零。对于图24所示的例子， $\Gamma_1 = \Gamma_3 = \Gamma_5 = 0$ ，而 $\Gamma_2 = \Gamma_4 = \Gamma_6 = -15$ 。相对差 $\Delta\Gamma_i$ 由以下公式定义：

$$\Delta\Gamma_i = \Delta\Gamma_m + \Gamma_{i+1} - \Gamma_i \quad \dots \quad (12)$$

相对差 $\Delta\Gamma_i$ 的六个值 $\Delta\Gamma_1 \sim \Delta\Gamma_6$ 由下面公式（12）确定：

$$\begin{aligned} \Delta\Gamma_1 &= \Delta\Gamma_m + \Gamma_2 - \Gamma_1 = 120 + (-15) - 0 = 105 \\ \Delta\Gamma_2 &= \Delta\Gamma_m + \Gamma_3 - \Gamma_2 = 120 + 0 - (-15) = 135 \\ \Delta\Gamma_3 &= \Delta\Gamma_m + \Gamma_4 - \Gamma_3 = 120 + (-15) - 0 = 105 \\ \Delta\Gamma_4 &= \Delta\Gamma_m + \Gamma_5 - \Gamma_4 = 120 + 0 - (-15) = 135 \\ \Delta\Gamma_5 &= \Delta\Gamma_m + \Gamma_6 - \Gamma_5 = 120 + (-15) - 0 = 105 \\ \Delta\Gamma_6 &= \Delta\Gamma_m + \Gamma_1 - \Gamma_6 = 120 + 0 - (-15) = 135 \end{aligned}$$

在变量 $i = 6$ 时，如上所述，将数值 $i + 1$ 减去6变成1。因此用编号2、4、6表示的在发动机正常时测得的相位移移动到用编号2'、4'、6'表示的在发动机90处于右凸轮皮带轮26快一齿状态时测得的相位。

相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 分别由以下公式定义：

$$\Delta\Phi_i = \Delta\Phi_m + \Phi_{i+1} - \Phi_i \quad \dots \quad (13)$$

$$\Delta\Sigma_i = \Delta\Sigma_m + \Sigma_{i+1} - \Sigma_i \quad \dots \quad (14)$$

平均相对差 $\Delta\Gamma_m$ 、 $\Delta\Phi_m$ 、 $\Delta\Sigma_m$ 分别等于 120° 。在图 24 的表中示出的实际值已经知道的情况下，可以在公式 (12) ~ (14) 的各个公式中用示于表中的对应于各个缺陷的适当值的差代替适当项 $\Gamma_{i+1} - \Gamma_i$ 、 $\Phi_{i+1} - \Phi_i$ 或 $\Sigma_{i+1} - \Sigma_i$ ，这样便可以得到三个相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 中对应于各个安装缺陷的相应值。在单一发动机 90 上同时出现许多缺陷的情况下，可以在公式 (12) ~ (14) 的各个公式中用对应于许多缺陷的适当值的相应差的和代替相应项的差值，这样便可以得到三个相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 中对应于同时出现许多缺陷的相应值。然而这种换算并不总是确切的。在某些可能的情况下，即发动机 90 上同时出现许多未特别确定的缺陷时，这些缺陷不能只根据用上述取决于时间差的相对角度差获得方法得到的相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的相应值来进行鉴定。

例如，从图 24 可以明显看出，在曲轴皮带轮 18 快一齿或慢一齿的情况下，或在左、右凸轮 24、26 二者或左、右随动齿轮 40、42 二者快一齿或慢一齿的情况下，所有气缸 # 1 ~ # 6 具有同样值的差 Γ 、 Φ 、 Σ 。因此三个公式 (12)、(13)、(14) 显示 $\Delta\Gamma_i = \Delta\Gamma_m = \Delta\Phi_i = \Delta\Phi_m = \Delta\Sigma_i = \Delta\Sigma_m = 120^\circ$ 。此结果与发动机 90 正常时得到的结果相同。另外，右凸轮皮带轮 26 快一齿和左凸轮皮带轮 24 正常的情况不能与右凸轮皮带轮 26 正常而左凸轮皮带轮 24 慢一齿的情况相区分。而且所有气缸 # 1 ~ # 6 的进气阀 50 或排气阀 48 具有相同游隙缺陷（例如游隙小）的情况不能与发动机 90 正常的情况相区分。因此依赖于相对差 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的本发动机测试方法在判断正测试的发动机 90 是否是正常时并不总是有效的。然而如下所述，本测试方法在某些可能的情况下即在单一发动机 90 上同时出现许多缺陷时可以鉴定许多缺陷的至少一个“候补”缺陷。然而由本方法确定的一个或多个候补缺陷可以不包括已实际出现在发动机 90 上的一个或所有缺陷，如果确定至少一个候补缺陷，则操作者可以实际检查发动机 90 上的候补缺陷。如果候补缺陷被确定为缺陷，则操作者可以改正这种缺陷，并且可以在发动机 90 上再次实施本测试方法。因此本测试方法可以有效地防止方法本身在发动机 90

上虽然存在一个或多个缺陷但仍判定发动机 90 是正常的。

图 67 是流程图, 示出已装配发动机的测试主程序, 该程序贮存在缺陷检测器 117 的 ROM 中并由检测器的 CPU 和 RAM 执行。按照主程序, 检测器 117 根据对应于六个活塞或气缸 # 1 ~ # 6 的相应排气压力最大值鉴定发动机 90 的一个或多个安装缺陷的存在或不存在。如果发动机 90 没有缺陷, 则检测器 117 令显示器 118 (图 26) 显示发动机已通过测试。另一方面如果发现缺陷, 则检测器 117 鉴定或确定是什么缺陷, 并令显示器 118 显示发动机 90 未通过测试和显示出现缺陷的地方。

缺陷检测器 117 或其 CPU 首先在步骤 U102 初始化变量 “count”, 使 count = 0。在步骤 U104 CPU 初始化变量 “i”, 使 i = 0, 该 0 对应于第一活塞或气缸 # 1。比变量 “i” 大 1 的数等于现在活塞或气缸的编号。随后在步骤 U106 CPU 判断从现在气缸 # i + 1 上测量的排气压力最大值差 α_i 和排气压力恒定值差 β_i 相应绝对值是否均小于 3。如果在步骤 U106 得到否定判断, 则 CPU 的控制器走到步骤 U108, 在变量 “count” 上增加 1。另一方面, 如果在步骤 U106 上得到肯定判断, 则控制器走到步骤 U110, 判断变量 “i” 是否等于对应于第六活塞 # 6 的 5。如果在步骤 U110 得到否定判定, 则控制器走到步骤 U111, 在变量 “i” 上增加 1, 然后回到步骤 U106。

从图 24 可以清楚看出, 可以结论如下: 如果差值 α 、 β 的相应绝对值均小于 3, 则测试发动机 90 正常地被组装, 没有任何缺陷。

如果在步骤 U110 得到肯定判断, 则 CPU 的控制器走到步骤 U112, 判断变量 “count” 是否等于 0。如果在步骤 U112 得到肯定判断, 则控制器进到步骤 U114, 令显示器 118 点亮显示器 118 的表示没有发现缺陷的 OK 灯 200。随后 CPU 退出子程序。另一方面, 如果在步骤 U112 得到否定判断, 即已经发现缺陷, 则控制器走到步骤 U116, 点亮显示器 118 的表示上述状态的 NG 灯 202。然后控制器进到步骤 U118, 即缺陷鉴定或确定子程序。从步骤 U118 进到步骤 U120, 点亮显示器 118 的对应于在步骤 U118 确定的一个或多个缺陷的一个或多个灯。之后 CPU 退出主程序。

在没有找到缺陷时 OK 灯 200 亮。在找到一个或多个缺陷时 NG 灯 202 亮。在找到和确定一个或多个缺陷时, 控制装置 119 可以点亮一个或

多个对应于确定的一个或多个缺陷的缺陷灯 204、206、208、210、212、214、216、218、220、222。另外，CPU 可以点亮各个活塞 # 1 ~ # 6 的一个或多个对应于已确定的一个或多个缺陷灯 224、226、228、230、232。如下所述，在一个或多个缺陷不能确定的情况下，即在某些可能的情况下如发动机 90 具有一个或多个缺陷但是不能得出结论说发动机 90 的确有一个或多个缺陷的情况下，对应于有疑问的一个或多个缺陷的一个或多个缺陷灯便闪亮。

图 68 是流程图，示出图 67 的步骤 U118 调用的缺陷鉴定子程序。缺陷检测器 117 的 CPU 首先在步骤 U200 使对应于图 24 表中所示缺陷的八个缺陷标志中的各个标志初始化为 OXOO。如图 69 所示，八个标志中的各个标志包括一个字节数据，即 8 位数据。如果没有发现缺陷，则各个标志保持 OXOO。标志“flagdrvn”的较低四位对应于左、右随动齿轮 40、42 快状态或慢状态，而标志“flagcam”的较低四位对应于左、右凸轮皮带轮 24、26 的快状态和慢状态。标志“flagcrnk”的较低两位对应于曲轴皮带轮 20 的快状态和慢状态。标志“flagins”、“flaginl”、“flagexs”、“flagexl”、“flagring”的较低 6 位分别对应于进气阀游隙大和小的存在或不存在、排气阀游隙大和小的存在或不存在以及六个活塞或气缸 # 1 ~ # 6 的压缩环泄漏的存在或不存在。八个标志中各个标志的相应最高位和第二最高位（即图 69 所示的“7”和“6”位）是有疑问的缺陷位（以后分别称作“误差 1”位和“误差 2”位）。在这些标志中各个标志的误差 1 位中设定 0 值时，在同样标志的误差 2 位中也设定 0 值。在这种情况下，标志的其余位用来表示测试结果。然而在误差 1 位中设定值 1 时，可在误差 2 位中设定 0 或 1。在这种情况下，在各个标志的误差 2 位中设定 0 值表示发动机 90 具有一个或多个缺陷，该一个或多个缺陷对应于标志的具有 0 值的另一位或其它几位（除在图 69 中以“-”表示的无意义位）。在这种情况下，对应于较低六位中具有 0 值的一位或多位的一个或多个缺陷灯将闪亮（即交替地接通和断开）。同时，在各个标志的误差 2 中设定值 1 表示发动机 90 有一个或多个缺陷，该缺陷对应于标志的具有值 1 的另一位或其它几位。在第二种情况下，一个或多个对应于较低六位中具有值 1 的一位或多位的缺陷灯将闪亮。换言之，在第一种情况下可以得出结论：发动

机 90 具有一个或多个对应于其值为 1 的一位或多位的缺陷,而在第二种情况下可以得出结论:发动机 90 没有对应于其值为 0 的一位或多位的任何缺陷。另外,在第一种情况下,对应于其值为 0 的一位或多位的灯闪亮,对应于其值为 1 的一位或多位的灯发亮,而在第二情况下,对应于其值为 1 的一位或多位的灯闪亮,对应于其值为零的一位或多位的灯不亮。

步骤 U200 之后是步骤 U202 ~ U214。步骤 U202 是用于确定在缺陷标志“flagdrvn”上设定值的随动齿轮快一齿测试。步骤 U204 是用于确定设定在标志“flagexs”上的值的排气阀游隙小测试。步骤 U206 是用于确定设定在标志“flagcavn”上的值的凸轮皮带轮试验。步骤 U208 是用于确定设定在标志“flagdrvn”、“flagins”、“flaginl”上的值的随动齿轮慢一齿和进气阀游隙试验。步骤 U210 是排气阀游隙大试验,用于确定设定在标志“flagexl”上的值。步骤 U212 是压缩环泄漏试验,用于确定设定在标志“flagring”上的值。步骤 U212 之后是步骤 U214,即一个下面将说明的辅助步骤。现在的缺陷鉴定子程序不包括任何确定曲轴皮带轮 18 快或慢状态的测试。因此如果在步骤 U112 得到否定判断,则在缺陷标志“flagcrnk”的误差 1 位(最高位)设定值 1。

图 70 是流程图,示出图 68 的步骤 U202 调用随动齿轮快一齿测试子程序。在此测试中,缺陷检测器 117 的 CPU 根据变量“i”(i = 1 ~ 6)表示的气缸的排气压力开始减小角的相对差 $\Delta\Phi_i$ 和排气压力开始恒定角的相对差 $\Delta\Sigma_i$ 判断左、右机组的随动齿轮 40、42 是否快一齿,而不管发动机 90 是否具有另一个或其它缺陷。如上所述,左、右随动齿轮 40、42 二者均快一齿的情况和两个随动齿轮 40、42 均正常的情况不能彼此相区分。通过让左随动齿轮快的灯 216 和右随动齿轮快的灯 220 闪亮便表示这种状况。

CPU 首先在步骤 U300 根据各个气缸 # 1 ~ # 6 的相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 计算各个气缸的由下列公式定义的变量“ ζ_i ”:

$$\zeta_i = (\Delta\Sigma\Phi_i + \Delta\Phi_i) \% 30 \quad \dots (15)$$

如上所述,通过分析在气缸上测得的排气压力信号 P_{EX} 的波形便可以得到各个气缸的相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 。符号“%”是所谓模块算符,“a

% b”表示“a”值除以“b”值得到的余数。以后在变量“i”是奇数时即现在气缸是左机组的气缸时用 ζ_{odd} 表示变量 ζ_i ，而在变量“i”是偶数时即现在气缸是右机组的气缸时用 ζ_{even} 表示变量 ζ_i 。

在定义变量 ζ_i 的表达式(15)中相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 彼此相加的理由是消除排气阀游隙小缺陷的相应影响，该缺陷发生在涉及相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的现在气缸上。更具体地讲，排气阀游隙小对相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的相应影响表现为符号不同，但具有基本上相同的绝对值。然而，排气阀游隙大或小对相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的绝对值的影响是不确定的。事实上，在现在气缸具有排气阀游隙小缺陷的情况下，排气压力开始恒定角的差 Σ 可在2~10的范围内变化。在图24的表中示出的差值 Σ 的实际值6.4正好是落在此范围内的一个例子。然而，在对差 Σ 以及对相对差 $\Delta\Sigma_i$ 的绝对值的影响发生变化时，对差 Φ 以及对相对差 $\Delta\Phi_i$ 的绝对值的影响也发生变化。必须根据在单个奇数编号或偶数编号发动机上得到的相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的相应值计算相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的和，即计算 $\Delta\Phi_{\text{odd}} + \Delta\Sigma_{\text{odd}}$ 或 $\Delta\Phi_{\text{even}} + \Delta\Sigma_{\text{even}}$ 。

同时，排气阀游隙大的缺陷不影响排气压力开始恒定的角度差 Σ ，也不影响排气压力开始减小的角度差 Φ 。因此相对差值 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的和不受进气阀游隙大或小的影响。

由相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 的和除以30得到的余数定义变量 ζ_i 的理由是，该和数受到对应于现在气缸的机组上出现的左、右凸轮皮带轮24、26快一齿或慢一齿状态的影响，使得该和数以30为单位(即 $15 + 15 = 30$)阶梯式的增加或减小。同时，随动齿轮40、42的快一齿状态的影响小于30。因此用公式(15)定义变量 ζ_i 可以消除凸轮皮带轮24、26的快或慢以及排气阀游隙的小或大的影响。所以，变量 ζ_i 受到左随动齿轮或右随动齿轮40、42的快一齿状态的影响。

用公式(13)和(14)定义的量代替公式(15)中的相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 便可得到下面的公式(16)：

$$\zeta_i = (\zeta\Sigma_m + \Sigma_{i+1} - \Sigma_i + \zeta\Phi_m + \Phi_{i+1} - \Phi_i) \% 30 \quad \dots (16)$$

在上面公式中，排气压力开始恒定的角度平均相对差 $\Delta\Sigma_m$ 和排氢压

力开始减小的角度相对差 $\Delta\Phi_m$ 均等于 120° 。因此变量 ζ_i 可以用图 24 的表中所示的差值 Σ 、 Φ 的相应值进行计算。在实际发动机测试中, 这些差值 Σ 、 Φ 的值是未知的, 变量 ζ_i 根据公式 (15) 进行计算。然而, 因为公式 (16) 比公式 (15) 更方便, 所以下面参照公式 (16) 进行说明。

步骤 U300 的后面是步骤 U302, 以确定奇数编号气缸和偶数编号气缸的变量 ζ_i 的相应值的组合 (ζ_{odd} , ζ_{even}) 取三个组合 (0, 0)、(8.4, 21.6) 和 (21.6, 8.4) 中的那一个组合。组合 (ζ_{odd} , ζ_{even}) 因为以下的原因只能取上面三个组合中的一个组合:

在发动机 90 没有任何缺陷包括随动齿轮 40、42 缺陷的情况下, 相对差 $\Delta\Sigma_{\text{odd}}$ 、 $\Delta\Sigma_{\text{even}}$ 和相对差 $\Delta\Phi_{\text{odd}}$ 、 $\Delta\Phi_{\text{even}}$ 取以下的值:

$$\begin{aligned}\Delta\Sigma_{\text{odd}} &= \Delta\Sigma_m + \Sigma_{\text{even}} - \Sigma_{\text{odd}} = 120 + 0 - 0 = 120 \\ \Delta\Sigma_{\text{even}} &= \Delta\Sigma_m + \Sigma_{\text{odd}} - \Sigma_{\text{even}} = 120 + 0 - 0 = 120 \\ \Delta\Phi_{\text{odd}} &= \Delta\Phi_m + \Phi_{\text{even}} - \Phi_{\text{odd}} = 120 + 0 - 0 = 120 \\ \Delta\Phi_{\text{even}} &= \Delta\Phi_m + \Phi_{\text{odd}} - \Phi_{\text{even}} = 120 + 0 - 0 = 120\end{aligned}$$

变量 ζ_{odd} 、 ζ_{even} 根据上述值用以下公式计算:

$$\begin{aligned}\zeta_{\text{odd}} &= (\Delta\Sigma_{\text{odd}} + \Delta\Phi_{\text{odd}}) \% 30 = (120 + 120) \% 30 = 0 \\ \zeta_{\text{even}} &= (\Delta\Sigma_{\text{even}} + \Delta\Phi_{\text{even}}) \% 30 = (120 + 120) \% 30 = 0\end{aligned}$$

在左随动齿轮 40 快一齿和发动机 90 没有任何其它缺陷的情况下, 相对差 $\Delta\Sigma_{\text{odd}}$ 、 $\Delta\Sigma_{\text{even}}$ 、 $\Delta\Phi_{\text{odd}}$ 、 $\Delta\Phi_{\text{even}}$ 取以下值:

$$\begin{aligned}\Delta\Sigma_{\text{odd}} &= \Delta\Sigma_m + \Sigma_{\text{even}} - \Sigma_{\text{odd}} = 120 + 0 - (-8.4) = 128.4 \\ \Delta\Sigma_{\text{even}} &= \Delta\Sigma_m + \Sigma_{\text{odd}} - \Sigma_{\text{even}} = 120 + (-8.4) - 0 = 111.6 \\ \Delta\Phi_{\text{odd}} &= \Delta\Phi_m + \Phi_{\text{even}} - \Phi_{\text{odd}} = 120 + 0 - 0 = 120 \\ \Delta\Phi_{\text{even}} &= \Delta\Phi_m + \Phi_{\text{odd}} - \Phi_{\text{even}} = 120 + 0 - 0 = 120\end{aligned}$$

变量 ζ_{odd} 、 ζ_{even} 根据上述值计算如下:

$$\begin{aligned}\zeta_{\text{odd}} &= (\Delta\Sigma_{\text{odd}} + \Delta\Phi_{\text{odd}}) \% 30 = (128.4 + 120) \% 30 = 8.4 \\ \zeta_{\text{even}} &= (\Delta\Sigma_{\text{even}} + \Delta\Phi_{\text{even}}) \% 30 = (111.6 + 120) \% 30 = 21.6\end{aligned}$$

在右随动齿轮 42 快一齿和发动机 90 没有任何其它缺陷的情况下, 相对差 $\Delta\Sigma_{\text{odd}}$ 、 $\Delta\Sigma_{\text{even}}$ 、 $\Delta\Phi_{\text{odd}}$ 、 $\Delta\Phi_{\text{even}}$ 取以下值:

$$\begin{aligned}\Delta\Sigma_{\text{odd}} &= \Delta\Sigma_m + \Sigma_{\text{even}} - \Sigma_{\text{odd}} = 120 + (-8.4) - 0 = 111.6 \\ \Delta\Sigma_{\text{even}} &= \Delta\Sigma_m + \Sigma_{\text{odd}} - \Sigma_{\text{even}} = 120 + 0 - (-8.4) = 128.4 \\ \Delta\Phi_{\text{odd}} &= \Delta\Phi_m + \Phi_{\text{even}} - \Phi_{\text{odd}} = 120 + 0 - 0 = 120 \\ \Delta\Phi_{\text{even}} &= \Delta\Phi_m + \Phi_{\text{odd}} - \Phi_{\text{even}} = 120 + 0 - 0 = 120\end{aligned}$$

变量 ζ_{odd} 、 ζ_{even} 采用上述值计算如下:

$$\begin{aligned}\zeta_{\text{odd}} &= (\Delta\Sigma_{\text{odd}} + \Delta\Phi_{\text{odd}})\%30 = (111.6 + 120)\%30 = 21.6 \\ \zeta_{\text{even}} &= (\Delta\Phi_{\text{even}} + \Delta\Phi_{\text{even}})\%30 = (128.4 + 120)\%30 = 8.4\end{aligned}$$

因为上述原因, 当发动机 90 没有任何缺陷时, 组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 取 $(0, 0)$; 当左随动齿轮 40 快一齿时, 该组合取 $(8.4, 21.6)$, 而当右随动齿轮 42 快一齿时, 该组合取 $(21.6, 8.4)$ 。

在 CPU 于步骤 U302 确定组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 等于 $(0, 0)$ 的情况下, CPU 的控制器走到 U304, 在缺陷标志“flagdrvn”中设定 (a) OX05 与 (b) OXCO 的逻辑和 OXC5, (a) OX05 是表示左随动齿轮 40 快一齿的 OX01 与表示右随动齿轮 42 快一齿的 OX04 的逻辑和, 而 (b) OXCO 表示在标志“flagdrvn”的误差 1 位和误差 2 位(最高位和第二最高位)中的各个位中设定值 1。根据标志“flagdrvn”的内容, CPU 令显示器 118 使灯 216 和灯 220 二个灯闪亮, 如上所述。在 CPU 于步骤 U302 确定组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 等于 $(8.4, 21.6)$ 的情况下, CPU 的控制器走到步骤 U306, 在标志“flagdrvn”中设置表示左随动齿轮 40 快一齿的 OX01。在 CPU 于步骤 U302 确定组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 等于 $(21.6, 8.4)$ 的情况下, CPU 的控制器走到步骤 U308, 在标志“flagdrvn”中设置表示右随动齿轮 42 快一齿的 OX04。

然而严格地讲, 上述结论即组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 只能取三个组合 $(0, 0)$ 、 $(8.4, 21.6)$ 和 $(21.6, 8.4)$ 中的一个组合是不正确的。事实上变量 ζ_{odd} 、 ζ_{even} 可以包含误差。这些误差可以测量, 该测量的误差位于例如 $-2 \sim 2$ 的范围内。因此组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 将落在三个范围组合 $(-2 \sim 2, -2 \sim 2)$ 、 $(6.4 \sim 10.4, 19.6 \sim 23.6)$

和 (19.6 ~ 23.6 , 6.4 ~ 10.4) 中的一个范围组合内。CPU 容易确定组合 (ζ_{odd} , ζ_{even}) 落在那个范围内。

可以单独采用在奇数编号和偶数编号气缸构成的一对气缸上得到的组合 (ζ_{odd} , ζ_{even}) 。然而该组合 (ζ_{odd} , ζ_{even}) 可以与在奇数编号和偶数编号构成的另一对或其它几对气缸上得到的另一组合或其它多个组合一起使用。例如, 三个奇数编号气缸 # 1 、 # 3 、 # 5 的变量 ζ_{odd} 的相应值的平均值可以与三个偶数编号气缸 # 2 、 # 4 、 # 6 的变量 ζ_{even} 的相应值的平均值联用。

因此, 可以说, 将至少一个奇数编号气缸的变量 ζ_i 与至少一偶数编号气缸的变量相比较便可以执行图 70 所示的随动齿轮快一齿的测试。换言之, 可以认为, 将所有六个气缸的变量 ζ_i 的相应值分为包含奇数编号气缸的值的的第一组和包含偶数编号气缸的值的第二组, 然后将两组中一个组的一个或多个值与另一组中的一个或多个值进行比较便可以实现该测试。

图 71 是流程图, 示出图 68 的步骤 U204 调用的排气阀游隙小测试子程序。CPU 首先在步骤 U400 根据各个气缸 # 1 ~ # 6 的相应差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 按照下列公式计算各个气缸的变量 η_i :

$$\eta_i = \{ \Delta\Phi_i - \Delta\Sigma_i - f(\zeta_i) \} / 2 \quad \dots (17)$$

如上所述, 解析从气缸上测得的排气压力 P_{EX} 的波形便可以得到各个气缸的相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 。可以应用函数 $f(\zeta_i)$ 来消除可能包含在相对差 $\Delta\Sigma_i$ 中的左或右随动齿轮 40 、 42 快一齿状态的影响。根据公式 (15) 可以求得变数 ζ_i 。当对应于包括现在气缸的机组的随动齿轮 40 、 42 快一齿时, 函数 $f(\zeta_i)$ 是 - 8.4 ; 当对应于其它机组而不是包含现在气缸的机组的随动齿轮 40 、 42 快一齿时, 该函数是 8.4 ; 当两个随动齿轮 40 、 42 正常时 (或二者均快一齿时, 该函数为 0 。因此函数 $f(\zeta_i)$ 不管在随动齿轮 40 、 42 为正常时还是在两个齿轮 40 、 42 均快一齿时均为同样的值 0 。然而这不影响本测试的关于现在气缸是否有排气阀游隙小的缺陷的结果。

在用公式 (13) 和 (14) 定义的量取代公式 (17) 中相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 便可得到以下公式 (18) :

$$\begin{aligned}
 \eta_i &= \{(\Delta\Phi_m + \Phi_{i+1} - \Phi_i) - (\Delta\Sigma_m + \Sigma_{i+1} - \Sigma_i) - f(\zeta_i)\}/2 \\
 &= \{\Phi_{i+1} - \Phi_i - (\Sigma_{i+1} - \Sigma_i) - f(\zeta_i)\}/2 \\
 &\dots (18)
 \end{aligned}$$

利用平均相对差 $\Delta\Sigma_m$ 和平均相对差 $\Delta\Phi_m$ 均等于 120° 的事实便可以求得公式(18)。因此,根据图24的表中所示的差 Σ 、 Φ 的相应值和函数 $f(\zeta_i)$ 提供的值便可以计算变量 η_i 。由此计算的变量 η_i 的值等于在实际发动机测试中按照公式(17)计算的值。

例如,在第一气缸#1具有进气阀游隙小的缺陷和两个随动齿轮40、42的各个齿轮不是快一齿的情况下,可以求得各个气缸的变量 η_i 的值如下:

$$\begin{aligned}
 \eta_1 &= \{\Phi_2 - \Phi_1 - (\Sigma_2 - \Sigma_1) - f(\zeta_1)\}/2 = \{0 - (-6.4) - (0 - 6.4) - 0\}/2 = 6.4 \\
 \eta_2 &= \{\Phi_3 - \Phi_2 - (\Sigma_3 - \Sigma_2) - f(\zeta_2)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0 \\
 \eta_3 &= \{\Phi_4 - \Phi_2 - (\Sigma_4 - \Sigma_3) - f(\zeta_3)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0 \\
 \eta_4 &= \{\Phi_5 - \Phi_4 - (\Sigma_5 - \Sigma_4) - f(\zeta_4)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0 \\
 \eta_5 &= \{\Phi_6 - \Phi_5 - (\Sigma_6 - \Sigma_5) - f(\zeta_5)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0 \\
 \eta_6 &= \{\Phi_1 - \Phi_6 - (\Sigma_1 - \Sigma_6) - f(\zeta_6)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0
 \end{aligned}$$

另外,在第一和第二气缸#1、#2具有排气阀游隙小和两个随动齿轮40、42中的各个齿轮不是快一齿的情况下,可求得各个气缸的变量 η_i 的值如下:

$$\begin{aligned}
 \eta_1 &= \{\Phi_2 - \Phi_1 - (\Sigma_2 - \Sigma_1) - f(\zeta_1)\}/2 = \{-6.4 - (-6.4) - (6.4 - 6.4) - 0\}/2 = 0 \\
 \eta_2 &= \{\Phi_3 - \Phi_2 - (\Sigma_3 - \Sigma_2) - f(\zeta_2)\}/2 = \{0 - (-6.4) - (0 - 6.4) - 0\}/2 = 6.4 \\
 \eta_3 &= \{\Phi_4 - \Phi_2 - (\Sigma_4 - \Sigma_3) - f(\zeta_3)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0
 \end{aligned}$$

$$\eta_4 = \{\Phi_5 - \Phi_4 - (\Sigma_5 - \Sigma_4) - f(\zeta_4)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0$$

$$\eta_5 = \{\Phi_6 - \Phi_5 - (\Sigma_6 - \Sigma_5) - f(\zeta_5)\}/2 = \{0 - 0 - (0 - 0) - 0\}/2 = 0$$

$$\eta_6 = \{\Phi_1 - \Phi_6 - (\Sigma_1 - \Sigma_6) - f(\zeta_6)\}/2 = \{-6.4 - 0 - (6.4 - 0) - 0\}/2 = -6.4$$

另外,在第一、第二和第五气缸# 1、# 2、# 5具有排气阀游隙小和只有右随动齿轮 42 快一齿的情况下,各个气缸的变量 η_i 的值等于用图 24 的表中所示差值 Φ 、 Σ 的相应值求得,该变量 η_i 的值如下:

$$\eta_1 = \{\Phi_2 - \Phi_1 - (\Sigma_2 - \Sigma_1) - f(\zeta_1)\}/2 = [-6.4 - (-6.4) - \{(6.4 - 8.4) - 6.4\} - 8.4]/2 = 0$$

$$\eta_2 = \{\Phi_3 - \Phi_2 - (\Sigma_3 - \Sigma_2) - f(\zeta_2)\}/2 = [0 - (-6.4) - \{0 - (6.4 - 8.4)\} - (-8.4)]/2 = 6.4$$

$$\eta_3 = \{\Phi_4 - \Phi_2 - (\Sigma_4 - \Sigma_3) - f(\zeta_3)\}/2 = \{0 - 0 - \{(-8.4) - 0\} - 8.4\}/2 = 0$$

$$\eta_4 = \{\Phi_5 - \Phi_4 - (\Sigma_5 - \Sigma_4) - f(\zeta_4)\}/2 = \{-6.4 - 0 - \{-6.4 - (-8.4)\} - (-8.4)\}/2 = -6.4$$

$$\eta_5 = \{\Phi_6 - \Phi_5 - (\Sigma_6 - \Sigma_5) - f(\zeta_5)\}/2 = \{0 - (-6.4) - \{(-8.4) - 6.4\} - 8.4\}/2 = 6.4$$

$$\eta_6 = \{\Phi_1 - \Phi_6 - (\Sigma_1 - \Sigma_6) - f(\zeta_6)\}/2 = \{-6.4 - 0 - \{6.4 - (-8.4)\} - (-8.4)\}/2 = -6.4$$

从上面结果可以明显看出,其变量 η_i 值等于 6.4 的一个或多个气缸具有小的排气阀游隙,同时,一个或多个气缸具有小的排气阀游隙,该一个或多个气缸其编号 # 1 ~ # 6 小于上述一个气缸的编号或上述各个气缸的编号,但大于其变量 η_i 值等于 - 6.4 的气缸的编号。例如,如果 $\eta_5 = 6.4$, $\eta_4 = \eta_3 = \eta_2 = 0$, $\eta_1 = - 6.4$ 和 $\eta_6 = - 6.4$, 则第五、第四、第三、第二气缸 # 5、# 4、# 3、# 2 有排气阀游隙小的缺陷,而第一和第六气缸 # 1、# 6 没有缺陷。从步骤 U400 进到步骤 U402,根据在步骤 U400 计算的变量 η_i 的相应值判断六个气缸 # 1 ~ # 6 中各个气缸是否有排气阀游隙小的缺陷。由此得到的判定可用来确定设置在缺陷标志“flagexs”中的值。上述说明是基于假定:变量 η_i 可以取 0、6.4、- 6.4 值中的一个值。然而事实上,变量 η_i 落在三个范围 - 2 ~ 2,

2 - 10 和 - 10 ~ - 2 中的一个范围内。

在可以认为以下假定是正确的情况下，即两个机组中各个机组的所有三个气缸上不会同时发生排气阀游隙小的缺陷，则 CPU 可以根据由以下公式 (19) 定义的变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 判断由变量 “i” 表示的气缸是否有排气阀游隙小的缺陷：

$$\Delta\Delta\Phi_i = \Delta\Phi_i + \Delta\Phi_{i+1} - 2 \cdot \Delta\Phi_m \quad \dots \quad (19)$$

因为变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 是根据变量 “i” 为奇数时的相对差 Φ_i 的值和变量 “i” 为偶数时的相对差 $\Delta\Phi_i$ 的值之和得到的，所以由凸轮皮带轮 24、26 的缺陷和随动齿轮 40、42 的缺陷造成的影响可以抵消。因此变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 只受到排气阀游隙小缺陷的影响。

用公式 (13) 定义的量取代公式中 (19) 中的相对差 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Phi_{i+1}$ 便可得到以下公式 (20)：

$$\Delta\Delta\Phi_i = \Phi_{i+2} - \Phi_i \quad \dots \quad (20)$$

因此可以认为，采用变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 的测试这样进行，即将所有六个气缸 # 1 ~ # 6 的差 Φ_i 的相应值分成包括奇数编号气缸 # 1、# 3、# 5 的值的第一组和包括偶数编号气缸 # 2、# 4、# 6 的值的第二组，然后在第一和第二组的各个组中互相比两个值。

可以根据图 24 的表中所示的差 Φ_i 的值采用公式 (20) 计算变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ ，由此得到的变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 的值等于在实际发动机测试中按照公式 (19) 计算的值。下面说明一些按公式 (20) 计算的例子。

例如，在对应于变量 “i” = 1 的气缸 # 2 具有排气阀游隙小的缺陷的情况下，可以得到以下结果： $\Delta\Delta\Phi_1 = \Phi_3 - \Phi_1 = 6.4$ ， $\Delta\Delta\Phi_5 = \Phi_1 - \Phi_5 = -6.4$ ， $\Delta\Delta\Phi_2 (= \Phi_4 - \Phi_2) = \Delta\Delta\Phi_3 (= \Phi_5 - \Phi_2) = \Delta\Delta\Phi_4 (= \Phi_6 - \Phi_4) = \Delta\Delta\Phi_6 (= \Phi_2 - \Phi_6) = 0$ 。偶数编号气缸 # 2、# 4、# 6 的变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 的相应值均为零，这表示右机组没有一个气缸有排气阀游隙小的缺陷。

另外，在对应于变量 “i” = 1 和变量 “i” = 3 的气缸 # 1、# 3 具有排气阀游隙小的缺陷的情况下，可以得到以下结果： $\Delta\Delta\Phi_1 = \Delta\Delta\Phi_2 = 0$ ， $\Delta\Delta\Phi_3 = 6.4$ ， $\Phi_4 = 0$ ， $\Delta\Delta\Phi_5 = -6.4$ 和 $\Delta\Delta\Phi_6 = 0$ 。

可以假定在两个机组的各个机组的最多两个气缸上可以出现排气阀游隙小的缺陷, 虽然不再提供在这种假定情况下的例子, 但是可以根据那个机组三个气缸的变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 的相应值的分布确定具有排气阀游隙小缺陷的一个或两个气缸。

可以用变量 $\Delta\Delta\Sigma_i$ ($=\Delta\Sigma_i + \Delta\Sigma_{i+1} - 2\Delta\Sigma_m$) 进行类似的测试, 该变量 $\Delta\Delta\Sigma_i$ 可以根据相对差 $\Delta\Sigma_i$ 的相应值进行计算。

在以上的说明中假定: 当气缸具有排气阀游隙小的缺陷时, 差 Φ_i 可以取图 24 的表中所示的值 - 6.4。然而因为差 Φ_i 在 - 2 ~ - 10 的范围中是不确定的, 所以 CPU 判断各个气缸的变量 $\Delta\Delta\Phi_i$ 的值落在三个范围 - 2 ~ 2、2 ~ 10、- 2 ~ 10 中的那个范围内, 然后根据得到的结果确定具有排气阀游隙小缺陷的一个或二个气缸。

图 72 是流程图, 示出图 68 的步骤 U206 调用的凸轮皮带轮测试子程序。CPU 首先在步骤 U500 根据以下公式计算用变量“i”表示的六个气缸 # 1 ~ # 6 中各个气缸的变量 P_i :

$$P_i = \Delta\Phi_i - \Delta\Phi_m - \{g_{i+1}(\eta_j) - g_i(\eta_j)\} \dots \quad (21)$$

相对差 $\Delta\Phi_i$ 是一个实际上可求得的值, 而平均相对差 $\Delta\Phi_m$ 等于 120°。可以应用函数 $g_i(\eta_j)$ 来消除可能包含在相对差 $\Delta\Phi_i$ 中的排气阀游隙小缺陷产生的影响。可以根据公式 (17) 求得变量 η_j 。当变量“i”表示的气缸具有排气阀游隙小缺陷时函数 $g_i(\eta_j)$ 取 - 6.4; 在没有缺陷时取 0。变量 η_j 的下标 j 用于使变量 η_j 与变量 P_i 相区别。这意味着不可能只根据变量 η_i 来判断变量“i”表示的气缸是否具有排气阀游隙小的缺陷, 但可以根据在所有气缸上得到的变量 η_j 的相应值来进行如此判断。从上述公式 (13) 中可以看出, 在公式 (21) 右侧的差 $\Delta\Phi_i - \Delta\Phi_m$ 等于差 $\Delta\Phi_{i+1} - \Delta\Phi_i$ 。因此公式 (21) 可改变为:

$$P_i = \Phi_{i+1} - \Phi_i - \{g_{i+1}(\eta_j) - g_i(\eta_j)\} \dots \quad (22)$$

可以根据图 24 的表中所示的差值 Φ 按照此公式 (22) 计算变量 P_i 的值, 下面将举例说明这些值。然而在实际的发动机测试中, 变量 P_i 的值是按照公式 (21) 计算的。

如上所述, 包括在差值 Φ_i 或相对差 $\Delta\Phi_i$ 中的排气阀游隙小的影响是

不确定的。因此最好认为, 由函数 $g_i(\eta_j)$ 提供的值反映了这种不确定影响的量值。可以除去这种不确定的影响, 方法是例如定义函数 $g_i(\eta_j)$, 使得函数 $g_i(\eta_j)$ 提供一个值, 从相对差 $\Delta\Phi_i$ 的实际测量值中减去一个最接近该测量值的 15 的倍数便可得到该值。由此得到的变量 ρ_i 的值是 0、 ± 15 、 ± 30 中的一个值, 该值不受排气阀游隙缺陷的影响。

以后将变量“ i ”为奇数时的变量 ρ_i 的值表示为 ρ_{odd} , 将变量“ i ”为偶数时的变量 ρ_i 的值表示为 ρ_{even} 。组合 $(\rho_{\text{odd}}, \rho_{\text{even}})$ 可以取五个组合 $(0, 0)$ 、 $(15, -15)$ 、 $(-15, 15)$ 、 $(30, 30)$ 和 $(-30, 30)$ 中的一个组合。这五个组合对应于凸轮皮带轮 24、26 的以下组装状态:

组合 (1) - $(0, 0)$:

两个凸轮皮带轮 24、26 正常; 或

两个凸轮皮带轮 24、26 快一齿或慢一齿;

组合 (2) - $(5, -15)$:

左凸轮皮带轮 24 快一齿, 右凸轮皮带轮 26 正常; 或

左凸轮皮带轮 24 正常而右凸轮皮带轮 26 慢一齿;

组合 (3) - $(-15, 15)$:

左凸轮皮带轮 24 正常而右凸轮皮带轮 26 快一齿; 或

右凸轮皮带轮 24 慢一齿而右凸轮皮带轮 26 正常;

组合 (4) - $(30, -30)$:

左凸轮皮带轮 24 快一齿, 而右凸轮皮带轮 26 慢一齿;

组合 (5) - $(-30, 30)$:

左凸轮皮带轮 24 慢一齿, 而右凸轮皮带轮 26 快一齿。

当组合 $(\rho_{\text{odd}}, \rho_{\text{even}})$ 是上述第四或第五组合 (4)、(5) 时, CPU 可以完全确定两个凸轮皮带轮 24、26 的相应组装状态。另一方面, 当组合 $(\rho_{\text{odd}}, \rho_{\text{even}})$ 是上述第一至第三组合 (1)、(2)、(3) 中的一种组合时, CPU 不能完全确定两个凸轮皮带轮 24、26 的组装状态。然而当组合 $(\rho_{\text{odd}}, \rho_{\text{even}})$ 是第二或第三组合 (2)、(3) 时, CPU 可以确定两种可能情况; 当组合 $(\rho_{\text{odd}}, \rho_{\text{even}})$ 是第一种组合 (1) 时, CPU 可以确定三种可能的情况。当操作者或工人根据本测试的结果改正发动机 90 时, 这些信息是很有用的。对于第一种组 (1), 应当注

意到，两个凸轮皮带轮 24、26 均快一齿或慢一齿的可能性是很低的。

从步骤 U500 进到步骤 U502，根据组合 (P_{odd} , P_{even}) 在缺陷标志 “flagcam” 中设定数值。当组合 (P_{odd} , P_{even}) 是第一组合时，CPU 在标志 “flagcam” 中设定 OXCf (即 11001111)。从图 69 可以看出，数值 OXCf 是由表示两个凸轮皮带轮 24、26 均快一齿的 OX05 (00000101) 与表示两个凸轮皮带轮 (24、26) 均慢一齿的 OX0a (00001010) 的逻辑和以及在标志 “flagcam” 的误差 1 位和误差 2 位中的各个位中设定的值 1 构成的。因为误差 1 位和误差 2 位均具有值 1，所以对应于其值为 1 的各位的灯便闪亮，如上所述。或者，标志 “flagcam” 可以设定为 OX80 (10000000)。当组合 (P_{odd} , P_{even}) 是第二种组合 (2) 时，CPU 在标志 “flagcam” 中设定 OXC9 (即 11001001)。该值 OXC9 是由表示左凸轮皮带轮 24 快一齿和右凸轮皮带轮 26 正常的 OX01 (00000001) 与表示左凸轮皮带轮 24 正常和右凸轮皮带轮 26 慢一齿的 OX08 (00001000) 的逻辑和，以及在标志 “flagcam” 的误差 1 位和误差 2 位的各个位中设定的值 1 构成的。

当组合 (P_{odd} , P_{even}) 是第三组合时，CPU 在标志 “flagcam” 中设定 OX86 (即 11000110)。该值 OX86 是由表示左凸轮皮带轮 24 慢一齿和右凸轮皮带轮 26 正常的 OX02 (00000010) 与表示左凸轮皮带轮 24 正常和右凸轮皮带轮 26 快一齿的 OX04 (00000100) 的逻辑和以及在标志 “flagcam” 的误差 1 位和误差 2 位的各个位中设定的值 1 构成的。当组合 (P_{odd} , P_{even}) 是第四组合 (4) 时，CPU 在标志 “flagcam” 设定 OX09 (即 00001001)。该值 OX09 表示左凸轮皮带轮 24 快一齿和右凸轮皮带轮 26 慢一齿。当组合 (P_{odd} , P_{even}) 是第 5 组合 (5) 时，CPU 在标志 “flagcam” 中设定 OX06 (即 00000110)。该值 OX06 表示左凸轮皮带轮 24 慢一齿和右凸轮皮带轮 26 快一齿。在标志 “flagcam” 的误差 1 位和误差 2 位均为值 1 的情况下，对应于一些位的灯 (图 26) 在 CPU 的控制下闪亮，这些位是标志中除误差 1 位和误差 2 位外的具有值 1 的位。

可以单独使用由奇数编号和偶数编号气缸构成的一对气缸上得到的组合 (P_{odd} , P_{even})。但是该组合 (P_{odd} , P_{even}) 可以与由奇数编号气缸和偶数编号气缸构成的另一对或其它几对气缸上得到的另一个或

其它几个组合联合使用。例如，三个奇数编号气缸的变量 ρ_{odd} 的相应值的平均值可以与三个偶数编号气缸的变量 ρ_{even} 的相应值的平均值联用。因此可以认为，图 72 所示的凸轮皮带轮测试的执行是将至少一个奇数编号气缸的变量 ρ_i 与至少一个偶数编号气缸的变量进行比较。换言之，测试的执行方法是，将所有六个气缸的变量 ρ_i 的相应值分成第一组和第二组，第一组包括奇数编号气缸的值，第二组包括偶数编号气缸的值，然后将两组中一组的一个或多个值与另一组的一个或多个值进行比较。

图 73 是流程图，示出图 68 的步骤 U208 调用的随动齿轮慢一齿和进气阀游隙的测试子程序。CPU 首先在步骤 U600 按照下列公开 (23) 计算由变量“i”表示的各个气缸 # 1 ~ # 6 的变量 λ_i ：

$$\lambda_i = \Delta\Gamma_i - \rho_i - h_i(\zeta_j) \quad \dots (23)$$

函数 $h_i(\zeta_j)$ 是一个上述变量 ζ_j 的函数，可以用来消除包含在相对差 Γ_i 的实测值中的随动齿轮 40、42 的快一齿状态的影响。当两个随动齿轮 40、42 均快一齿，或者在两个随动齿轮 40、42 都不快一齿时，该函数 $h_i(\zeta_j)$ 为 0；当随动齿轮 40、42 中对应于变量“i”所示气缸的随动齿轮快一齿时该函数为 18；当随动齿轮 40、42 中不对应于变量“i”所示气缸的随动齿轮快一齿时该函数为 -18。对变量 ζ_j 不用下标“i”而用下标“j”的理由是不可能只依据变量“i”所示气缸的变量 ζ_i 的值来判断随动齿轮 40、42 中对应于该气缸的那个随动齿轮是否快一齿，但可以按照图 70 所示的测试程序根据组合 $(\zeta_{\text{odd}}, \zeta_{\text{even}})$ 进行这种判断。通过从变量相对差 $\Delta\Gamma_i$ 中减去变量 ρ_i 可以消除凸轮皮带轮 24、26 的快一齿状态或慢一齿状态的影响。

按照公式 (23) 计算的变量 λ_i 不受上述缺陷的影响，但包含随动齿轮 40、42 的慢一齿状态和/或进气阀游隙的小的或大的状态的影响。用公式 (12) 定义的量取代公式 (23) 中的相对差 $\Delta\Gamma_i$ ，并将项 $\Delta\Gamma_m$ 从右边移到左边便可得到下列公式 (24)：

$$\lambda_i - \Delta\Gamma_m = \Gamma_{i+1} - \Gamma_i - \rho_i - h_i(\zeta_j) \quad \dots (24)$$

公式 (24) 的右侧可以根据图 24 的表中所示的差 Γ 的值进行计算。虽然公式 (24) 不同于在发动机实际测试时所用的公式 (23)，但两个公式 (23)、(24) 可以对相同的发动机 90 提供相同的结果。公式 (24) 的左侧 (即从变量 λ_i 中减去排气压力最大值角度的平均相对差 $\Delta\Gamma_m$ (等于 120°) 得到的值) 取决于随动齿轮是否慢一齿和/或进气阀游隙是否小或大而落在下面 11 个范围 (1) ~ (11) 中的一个范围内:

$$\text{范围 (1): } -30 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < -20$$

$$\text{范围 (2): } -20 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < -16$$

$$\text{范围 (3): } -16 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < -12$$

$$\text{范围 (4): } -12 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < -6$$

$$\text{范围 (5): } -6 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < -2$$

$$\text{范围 (6): } -2 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < 2$$

$$\text{范围 (7): } 2 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < 6$$

$$\text{范围 (8): } 6 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < 12$$

$$\text{范围 (9): } 12 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < 16$$

$$\text{范围 (10): } 16 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < 20$$

$$\text{范围 (11): } 20 \leq \lambda_i - \Delta\Gamma_m < 30$$

图 74 示出上述 11 个范围 (1) ~ (11)。随动齿轮 40、42 的慢一齿状态阶梯式影响值 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 。当两个随动齿轮 40、42 均慢一齿或两个随动齿轮均正常时，这种影响的数值为 0；当随动齿轮 40、42 中对应于变量 “i” 所示气缸的那个随动齿轮慢一齿时，该影响的数值为 -18；当随动齿轮 40、42 中不对应于变量 “i” 所示气缸的那个随动齿轮慢一齿时，该影响的数值为 18。

其时，如果该气缸的差 Γ 落在 -2 ~ 2 的范围内，则 CPU 判定各个气缸的进气阀游隙是正常的。因此，即使可以断定一个气缸的进气阀游隙是正常的，但该气缸的差 Γ 可以取范围 -2 ~ 2 中的任何值。另外，即使进气阀游隙很小，但差 Γ 不可能小于 -10，即使进气阀游隙很大，但差 Γ 不能大于 10。因此参数 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 的整个范围可以分成 11 个范围 (1) ~ (11)，这些范围由以下边界值确定：-18 ± (10 + 2)、-18 ± 2、0 ± (10 + 2)、0 ± 2、18 ± (10 + 2) 和 18 ± 2。

上述 11 个范围 (1) ~ (11) 中的各个范围对应于以下一个或多

个缺陷,该缺陷是两个随动齿轮 40、42 中对应于变量“i”所示气缸的那个随动齿轮的缺陷和/或不对应于该气缸的其它随动齿轮的缺陷以及该气缸的进气阀游隙的缺陷:

范围(1): 随动齿轮 40、42 中的一个慢一齿,进气阀游隙大;

范围(2): 随动齿轮 40、42 中的一个慢一齿,进气阀游隙正常;

范围(3): 随动齿轮 40、42 中的一个慢一齿,进气阀游隙小;

范围(4): 随动齿轮 40、42 中的一个慢一齿,进气阀游隙小;
或者随动齿轮 40、42 均正常而进气阀游隙大;或者随动齿轮 40、42 均慢一齿,而进气阀游隙大;

范围(5): 随动齿轮 40、42 均正常而进气阀游隙大;或者随动齿轮 40、42 均慢一齿而进气阀游隙大;

范围(6): 随动齿轮 40、42 均正常而进气阀游隙正常;或者随动齿轮 40、42 均慢一齿而进气阀游隙正常;

范围(7): 随动齿轮 40、42 均正常而进气阀游隙小;或者随动齿轮 40、42 均慢一齿而进气阀游隙小;

范围(8): 随动齿轮 40、42 均正常而进气阀游隙小;或者随动齿轮 40、42 均慢一齿而进气阀游隙小;或者随动齿轮 40、42 中的另一齿轮慢一齿而进气阀游隙大;

范围(9): 随动齿轮 40、42 中的另一齿轮慢一齿和进气阀游隙大;

范围(10): 随动齿轮 40、42 中的另一齿轮慢一齿和进气阀游隙正常;

范围(11): 随动齿轮 40、42 中的另一齿轮慢一齿和进气阀游隙小。

当值 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 落在第一至第三范围中的一种范围内以及第九至第十一中的一种范围内时,CPU 可以确定变量“i”所示气缸的进气阀游隙的组装状态(即大、正常或小的状态)以及确定两个随动齿轮 40、42 中对应于该气缸的那个随动齿轮的安装状态(即慢一齿或正常状态)。另一方面,当值 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 落在第四至第八范围(4)~(8)中的一个范围内时,CPU 只能确定由变量“i”所示气缸的进气阀游隙的安装状态和两个随动齿轮 40、42 中对应于该气缸的一个随动齿轮的安装状态

的许多候补缺陷。然而即使在值 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 落在范围(4)~(8)中的一个范围内时, CPU能确定气缸的进气阀游隙的安装状态和两个随动齿轮40、42中对应于该气缸的一个随动齿轮的安装状态。例如, 当一个气缸的值 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 落在第八范围(8)内时, 如果属于同一机组的另一气缸的值 $\lambda_i - \Delta\Gamma_m$ 落在第九范围(9)内, 则CPU可以确定随动齿轮40、42中的另一齿轮快一齿和该一个气缸的进气阀游隙大, 该另一个齿轮不对应于该一个气缸, 上述一个和另一个气缸属于同一机组。因此, 本发动机测试装置可以从发动机90两个机组中的各个机组上收集信息而与另一个机组无关, 并且能够收集关于发动机90组装状态的更多信息。然后从步骤U600进到步骤U602, 在缺陷标志“flagdrvn”、“flaginl”、“flagins”设置数值。然而, 当CPU确定一个或多个缺陷的若干候补缺陷时, CPU将在对应一个或多个标志的误差1位和误差2位中的各个位中设定值1, 由此指示CPU不能明确地确定发动机90的随动齿轮40、42和进气阀50的一个或多个缺陷。

图75是流程图, 示出图68的步骤U210调用的排气阀游隙大测试子程序。如果发动机90的气缸#1~#6的凸轮皮带轮24和26、随动齿轮40和42、进气阀游隙等具有另一个或其它几个缺陷, 则本测试程序不能提供正确的结果。然而, 如果发动机90具有一个只有排气阀游隙大缺陷而没有任何其它任何缺陷的气缸, 则CPU可以鉴定出该气缸。因此, 如果缺陷检测器117在上述先前的测试中找出一个或多个缺陷, 则CPU可以不执行本程序, 并可以推断出不能判断各个气缸的排气阀游隙是大还是不大。在这种情况下, CPU在缺陷标志“flagexl”的误差1位中设置值1。因而对应于所有气缸#1~#6的灯230均闪亮。

在图75的测试程序中, CPU首先在步骤U700中将所有六气缸#1~#6($i = 1 \sim 6$)的排气压力恒定值差 β_i 中最大的一个确定为变量 β_{MAX} , 并将该差值中最小的一个确定为变量 β_{MIN} 。然后从步骤U700进到步骤U702, 判断从变量 β_{MAX} 减去变量 β_{MIN} 的值是否大于阈值 β_{th} 。如果在步骤U702得到肯定判断, 则CPU的控制器走到步骤U704, 确定具有最大差 β_{MAX} 的气缸具有大的排气阀游隙, 并在对应于该气缸的标记“flagexl”位中的一位设置值1。随后CPU退出本子程序。阈值 β_{th} 是规定的恒定值。另一方面, 如果在步骤U702得否定判断, 则

CPU 直接退出本测试子程序。

图 75 所示的测试子程序是基于假定发动机 90 具有至多不过一个有排气阀游隙大缺陷的气缸。即使这个假定不成立，在一般认为至少一个气缸的排气阀游隙是正常的这一假定成立的情况下，即一般认为所有气缸的相应排气阀游隙不可能均大的情况下，此测试程序也是有用的。在最后一种情况下，为寻找气缸中具有最大排气阀游隙的一个气缸，可以实施本测试程序。如果 CPU 以此种方式找到其排气阀游隙大的气缸，则气缸中另一个或其它几个气缸（但不是所有气缸）仍有可能其排气阀游隙大。在这种情况下，CPU 在对应于判定为排气阀游隙大的气缸的缺陷标志“flagexl”位中的一位上设置值 1。随后对应于该气缸的灯亮，而对应于其它气缸的灯闪亮。由此显示器 118 指示，另一个或其它气缸（但不是所有气缸）有可能其排气阀游隙大。

在有可能不能完全否定所有气缸其排气阀游隙大的情况下，即使图 75 的测试显示所有气缸是正常的，CPU 也令显示器显示上述情况。因此当图 75 的测试显示所有气缸均正常时，CPU 在标志“flagexl”的误差 1 位上设定值 1，而在标志的第一至第六位的各个位上设置 0，从而表示有可能所有气缸其排气阀游隙均大。在这种情况下，对应于所有气缸的灯 230 均闪亮。

图 76 是流程图，示出图 68 的步骤调用的用于代替图 75 测试子程序的另一个排气阀游隙大测试子程序。此测试子程序是基于将各个气缸 # 1 ~ # 6 的差 β_i 的值和所有气缸上测得的差 β_i 的相应值的平均值相比较。CPU 首先在步骤 U800 将所有气缸上测得的 β_i 差值的平均值确定为变量 β_{MEAN} 。然后从步骤 U800 进到步骤 U802，判断从变量“i”所示现在气缸的差值 β_i 减去变量 β_{MEAN} 后得到的值是否大于阈值 β_{th} （即规定的恒定值）。如果在步骤 U802 获得肯定判断，则 CPU 的控制器走到步骤 U804，确定满足上述条件的一个或多个气缸其排气阀游隙大，并在对应于该一个或多个气缸的缺陷标志“flagexl”的一位或多位上设定值 1。随后 CPU 退出本子程序。另一方面，如果在步骤 U802 获得否定判断，CPU 直接退出本测试。本测试是基于假定发动机 90 至多只有少数气缸（即一个或两个）具有排气阀游隙大的缺陷。因此在这种假定不成立的某些可能情况下，最好运行两个变型测试中已经结合图 75 的测试

程序另外说明的测试。

图 77 是流程图, 示出图 68 的步骤 U210 调用的用于代替图 75 或图 76 中测试子程序的再一个排气阀游隙大测试子程序。该测试的运行方式是, 将所有气缸 # 1 ~ # 6 上测得的相应差值 β_i 分成两组, 然后将第一组的值与第二组的值进行比较。CPU 首先在步骤 U900 排列所有气缸的相应差值 β_i , 顺序从最大值到最小值, 然后将此顺序中的各对接差值之间的差值确定为变量 $\Delta\beta_k$ 。当其下标分别取其 1 ~ 5 时变量 $\Delta\beta_k$ 取 5 个值。然后从步骤 U900 进到步骤 U902, 将变量 $\Delta\beta_k$ 的五个值中的最大一个值确定为变量 $\Delta\beta_{MAX}$ 。随后在步骤 U904 CPU 判断变量 $\Delta\beta_{MAX}$ 是否大于阈值 D_{th} 。该阈值可以是一个值, 该值小于用于计算变量 β_{MAX} 的两个 β_i 值中较小的一个值(以后称作为值 β_s , 而较大的一个值称作为值 β_L), 并考虑到在正常气缸上差值 β 的不可避免的变化来确定该值。如果在步骤 U904 上得到肯定判断, 则 CPU 的控制器走到步骤 U906, 确定其差 β_i 的值不小于值 β_L 的一个或多个气缸其排气阀游隙大, 并在对于应该一个或多个气缸的缺陷标志的一位或多位上设置值 1。随后 CPU 退出本子程序。另一方面, 如果在步骤 U904 得到否定判断, 则 CPU 直接退出本测试程序。

如果由所有气缸的相应差值 β_i 计算的变量 $\Delta\beta_{MAX}$ 大于根据同样的值计算的阈值 D_{th} , 则可以判定, 其值 β_i 不小于值 β_L 的一个或多个气缸和其值 β_i 不大于值 β_s 的一个或多个气缸分别形成不同的组。CPU 可以断定, 其值 β_i 不小于值 β_L 的一个或多个气缸即第一组的一个或多个气缸具有排气阀游隙大的缺陷。图 77 的测试是基于假定正常气缸的差值 β_i 的不可避免的变化是很小的。然而在这种假定不成立的情况下, 最好运行图 75 的测试程序或图 76 的测试程序, 或不同的排气阀游隙大测试程序。

在图 77 的测试中, CPU 根据所有气缸的相应差值 β_i 计算的变量 $\Delta\beta_k$ 、变量 β_{MAX} 、阈值 D_{th} 等判断各个气缸的排气阀游隙是大还是不大。这种方式是有利的, 因为阈值 D_{th} 不需要作任何原本需要的调节。

图 75、76 和 77 的三个测试子程序的每个子程序可以独立于其它测试子程序运行。然而这些测试子程序中的两个或所有三个可以相继地运行。在后一种情况下, 一个测试子程序得到结果可能不同于另一个或其

它几个测试子程序所得的结果。对于在这些测试子程序中的至少一个程序中被判定为其排气阀游隙大的一个或多个气缸，CPU 适合于判断为很可能在该一个或多个气缸上出现排气阀游隙大缺陷。

图 78 是流程图，示出图 68 的步骤 U212 调用的压缩环泄漏测试子程序。如果发动机 90 具有另一个或其它几个出现在凸轮皮带轮 24 和 26、随动齿轮 40 和 42、气缸 # 1 ~ # 6 的进气阀游隙等上的缺陷，则本测试可能不能提供正确的结果。然而，如果发动机 90 的气缸只有压缩环泄漏的缺陷而没有任何其它缺陷。则 CPU 可以鉴定气缸。因此如果缺陷检测器 T17 在上述先有的测试程序中找到一个或多个缺陷，则 CPU 不执行本测试程序，并可以断定不能判断各个气缸是否有压缩环泄漏的缺陷。在这种情况下，CPU 在缺陷标志“flagring”的误差 1 位中设置值 1，而在标志的对应于所有气缸 # 1 ~ # 6 的位上设置值 0。因而对应于所有气缸 # 1 ~ # 6 的灯 232 闪亮。

在图 78 的测试子程序中，CPU 首先在步骤 U1000 将所有气缸 # 1 ~ # 6 的相应排气压力最大值差值 α_i 中最大的一个确定为变量 α_{MAX} ，将同一最大值差值 α_i 中的最小的一个确定为变量 α_{MIN} 。然后从步骤 U1000 进到步骤 U1002，判断从变量 α_{MAX} 减去变量 α_{MIN} 后的差值是否大于阈值 α_{th} 。如果在步骤 U1002 得到肯定判断，则 CPU 的控制器走到步骤 U1004，确定具有最小差值 α_{MIN} 的气缸具有压缩环泄漏缺陷，并在对应于该气缸的标志“flagring”的位中的一位上设置值 1。随后，CPU 退出本子程序。另一方面，如果在步骤 U1002 得到否定判断，则 CPU 直接退出本测试。

图 78 所示的测试是基于发动机 90 至多只有一个气缸具有压缩环泄漏缺陷这一假定。即使这一假定不成立，但在一般认为的至少一个气缸的压缩环是正常的这一假定成立的情况下即在一般认为的所有气缸不可能均存在压缩环泄漏缺陷的情况下，本测试是有用。在最后一种情况下，为找出气缸中压缩环泄漏的气缸运行本测试程序。如果 CPU 以这种方式找到压缩环泄漏的气缸，则另一个气缸或其它几个气缸（但不是所有气缸）仍可能存在同样的缺陷。因此 CPU 在判断为有压缩环泄漏的气缸的标志“flagring”的一个位中设定值 1，并在该标志的误差 1 位中设定值 1。随后对应于该气缸的灯 232 发亮，而对应于其它气缸的灯 232 则

闪亮。因而显示器 118 显示另一个或其它几个（但不是所有的）气缸有可能有压缩环泄漏的缺陷。

在可能的不能完全否定所有气缸均有压缩环泄漏缺陷的情况下，即使图 78 的测试显示所有气缸是正常的，CPU 也令显示器 118 显示上述情况。因此当图 78 的测试显示所有气缸均为正常时，CPU 将在标志“flagring”的误差 1 位中设置值 1 并在该标志的第一至第六位的各位上设置值 0，由此表示所有气缸有可能均有压缩环泄漏的缺陷。在这种情况下，对应于所有气缸的灯 232 均闪亮。

从上述说明可以看出，以这种方式改变图 75 的测试子程序便可得到图 78 的测试子程序，即用图 78 的差值 α_i 代替图 75 的差值 β_i ，用图 78 的步骤 U1002 所用的阈值 α_{th} 代替图 75 的步骤 U702 所用的阈值 β_{th} ，并且改变图 75 的步骤 U704 便可得到图 78 的步骤 U1004。同样，可以通过改变图 76 的测试子程序和/或图 77 的测试子程序而得到另一个或其它几个压缩环泄漏测试子程序。在后一种情况下，其改变方式与图 75 的测试子程序的上述改变方式相同，除此之外，改变图 76 的步骤 U802，使得 CPU 可以判断从变量 α_{MEAN} （对应于变量 β_{MEAN} ）中减去变量“i”所示气缸的差值 α_i 后所得值是否大于阈值 α_{th} ，并且改变图 77 的步骤 U906，使得 CPU 可以判断其差值 α_i 不大于值 α_s （对应于值 β_s ）的一个或多个气缸是否有压缩环泄漏的缺陷。

下面说明图 68 的步骤 U214 执行的辅助操作。在这一步骤 CPU 在缺陷标记“flagcrnk”的误差 1 位中设定值 1。在本缺陷鉴定子程序中，没有进行任何试验来鉴定曲轴皮带轮 20 的快一齿或慢一齿状态。如果在步骤 U112 得到否定判断，则发动机 90 的曲轴皮带轮 20 经常可能处于快一齿或慢一齿的状态。根据在缺陷标志“flagcrnk”的误差 1 位中设定的值 1，显示器 118 将示出上述情况。

下面说明本发明的第七实施例。第七实施例与上述第一实施例不同之处在于，用第七实施例中所用的图 81 所示的不同发动机测试子程序取代在第一实施例中所用的图 25 的发动机测试子程序。在第七实施例也应用第一实施例所用的图 4 的发动机测试装置，在该装置上可以实施本发明第七发动机测试方法。因此本测试装置可以提供图 24 的表。

第七发动机测试方法是一种能够鉴定在正测试的发动机 90 出现的

单个组装缺陷的方法。即本方法是基于假定：发动机 90 即使有缺陷也只有一个单一的组装缺陷，为上述 13 种缺陷中的一种缺陷，13 种缺陷是凸轮皮带轮 24、26 中各个轮的快一齿和慢一齿状态、随动齿轮 40、42 中各个轮的快一齿和慢一齿状态、进气阀游隙小和大的状态、排气阀游隙小和大的状态及压缩环的遗漏，本方法还基于这样的假定：在发动机 90 的六个气缸 # 1 ~ # 6 的两个或多个气缸上不同时产生进气阀游隙的小和大状态、排气阀游隙的大和小状态以及压缩环遗漏的各个缺陷。在本测试方法中没有进行任何测试来寻找曲轴皮带轮 20 的任何缺陷。

上述 13 种缺陷中的各种缺陷可以根据在六个气缸 # 1 ~ # 6 上得到的排气压力最大值的有限差 δP_{EXmaxi} 的相应值、排气压力恒定值的有限差 $\delta P_{EXconsti}$ 的相应值、排气压力最大值角度的有限相对差 $\delta \Gamma_i$ 的相应值、排气压力开始恒定角的有限相对差 $\delta \Sigma_i$ 的相应值、排气压力开始减小角的有限相对差 $\delta \Phi_i$ 的相应值、进气压力最大值角的有限相对差 $\delta \Lambda_i$ 的相应值和进气压力开始增加角的有限相对差 $\delta \Psi_i$ 的相对值进行鉴定或确定。上述 7 个参数的相应符号 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 中各个符号的下标“i”从 1 变到 6，分别对应于第一至第六气缸。各个气缸 # 1 ~ # 6 的七个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 的相应值可以根据在各个气缸上测得的排气压力最大值 δP_{EXmaxi} 的相应值、排气压力恒定值 $\delta P_{EXconsti}$ 的相应值、排气压力最大值角的相对差 $\Delta \Gamma_i$ 的相应值、排气压力开始恒定角的相对差 $\Delta \Sigma_i$ 的相应值、排气压力开始减小角的相对差 $\Delta \Phi_i$ 的相应值、进气压力最大值角的相对差 $\Delta \Lambda_i$ 的相应值和进气压力开始增加角的相对差 $\delta \Psi_i$ 的相应值分别按照以下七个公式 (25)、(26)、(27)、(28)、(29)、(30) 和 (31) 进行计算：

$$\delta P_{EXmaxi} = P_{EXmaxi+1} - P_{EXmaxi} \quad \dots (25)$$

$$\delta P_{EXconsti} = P_{EXconsti+1} - P_{EXconsti} \quad \dots (26)$$

$$\delta \Gamma_i = \Delta \Gamma_i - \Delta \Gamma_m \quad \dots (27)$$

$$\delta \Sigma_i = \Delta \Sigma_i - \Delta \Sigma_m \quad \dots (28)$$

$$\delta \Phi_i = \Delta \Phi_i - \Delta \Phi_m \quad \dots (29)$$

$$\delta \Lambda_i = \Delta \Lambda_i - \Delta \Lambda_m \quad \dots (30)$$

$$\delta \Psi_i = \Delta \Psi_i - \Delta \Psi_m \quad \dots (31)$$

在公式 (30)、(31) 中的进气压力最大值角的相对差 $\Delta\Lambda_i$ 和进气压力开始增加角的相对差 $\Delta\Psi_i$ 分别按照以下公式 (32)、(33) 计算:

$$\Delta\Lambda_i = \Delta\Lambda_m + \Lambda_{i+1} - \Lambda_i \quad \dots (32)$$

$$\Delta\Psi_i = \Delta\Psi_m + \Psi_{i+1} - \Psi_i \quad \dots (33)$$

另外, 在公式 (30)、(31) 中的进气压力最大值角的平均相对差 $\Delta\Lambda_m$ 和进气压力开始增加角的平均相对差 $\Delta\Psi_m$ 等于 120° 。在下面说明中应当注意到, 当数字 $i + 1$ 超过 6 时, 数字由小于 6 的数字替代。

在实际发动机测试中, 上述 7 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 的相应值分别按照公式 (25) 至 (31) 进行计算。然而在以下的利用图 24 的表中所示数值的说明中, 七个参数可以分别按照以下七个公式 (34)、(35)、(36)、(37)、(38)、(39) 和 (40) 进行计算, 而不用公式 (25) ~ (31):

$$\delta P_{EXmaxi} = \alpha_{i+1} - \alpha_i \quad \dots (34)$$

$$\delta P_{EXconsti} = \beta_{i+1} - \beta_i \quad \dots (35)$$

$$\delta\Gamma_i = \Gamma_{i+1} - \Gamma_i \quad \dots (36)$$

$$\delta\Sigma_i = \Sigma_{i+1} - \Sigma_i \quad \dots (37)$$

$$\delta\Phi_i = \phi_{i+1} - \phi_i \quad \dots (38)$$

$$\delta\Lambda_i = \Lambda_{i+1} - \Lambda_i \quad \dots (39)$$

$$\delta\Psi_i = \Psi_{i+1} - \Psi_i \quad \dots (40)$$

在图 24 的表中示出公式 (34) ~ (40) 的各个公式右侧的各项的相应值。即可以根据图 24 的表按照公式 (34) ~ (40) 计算, 其计算值与用公式 (25) ~ (31) 计算的值相同。例如将正常发动机上测得的排气压力最大值的值表示为 $P_{EXmaxSTD}$ 时, 可以得到以下公式 (41)、(42):

$$\alpha_i = P_{EXmaxi} - P_{EXmaxSTD} \quad \dots (41)$$

$$\alpha_{i+1} = P_{EXmaxi+1} - P_{EXmaxSTD} \quad \dots (42)$$

在公式 (25) 中用公式 (41)、(42) 定义的量代替项 P_{EXmaxi} 和 $P_{EXmaxi+1}$ 便可以得到公式 (34)。即公式 (25) 等价于公式 (34)。同样, 对于有限差 $\delta P_{EXconsti}$ 也容易得出结论: 公式 (26) 等价于公式 (35)。另外, 用公式 (27) ~ (31)、(32) 和 (33) 定义的量取代公式中 (27) ~ (31) 中的项 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Sigma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 、 $\Delta\Lambda_i$ 、 $\Delta\Psi_i$ 便可得到五个公式 (36) ~ (40)。因此, 按照不同的计算方式可以得到下面将例示的值, 该不同的方式不同于实际发动机测试中用公式 (25) ~ (31) 计算数值的方式。然而用公式 (34) ~ (40) 计算的值等于用公式 (25) ~ (31) 计算的值, 前面的值是用图 24 的表中所示的值计算的。因此用公式 (34) ~ (40) 计算的值可以用作为实际发动机测试中用公式 (25) ~ (31) 计算的值。

下面首先说明用于鉴定或确定凸轮皮带轮 24、26 的快一齿和慢一齿状态中的各个状态以及随动齿轮 40、42 的快一齿和慢一齿状态中的各个状态的方式。

在发动机 90 或者处于左机组的左凸轮皮带轮 24 快一齿状态或者处于右机组的右凸轮皮带轮 26 慢一齿状态的情况下, 上述 7 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 的相应值可按照公式 (34) ~ (40) 计算, 结果如下:

$$\begin{aligned}
 \delta P_{EXmaxodd} &= \alpha_{even} - \alpha_{odd} = 0 - (-17) = 17 \\
 \delta P_{EXmaxeven} &= \alpha_{odd} - \alpha_{even} = -17 - 0 = -17 \\
 \delta P_{EXconstodd} &= \beta_{even} - \beta_{odd} = 0 - 0 = 0 \\
 \delta P_{EXconsteven} &= \beta_{odd} - \beta_{even} = 0 - 0 = 0 \\
 \delta\Gamma_{odd} &= \Gamma_{even} - \Gamma_{odd} = 0 - (-15) = 15 \\
 \delta\Gamma_{even} &= \Gamma_{odd} - \Gamma_{even} = -15 - 0 = -15 \\
 \delta\Sigma_{odd} &= \Sigma_{even} - \Sigma_{odd} = 0 - (-15) = 15 \\
 \delta\Sigma_{even} &= \Sigma_{odd} - \Sigma_{even} = -15 - 0 = -15 \\
 \delta\Phi_{odd} &= \Phi_{even} - \Phi_{odd} = 0 - (-15) = 15 \\
 \delta\Phi_{even} &= \Phi_{odd} - \Phi_{even} = -15 - 0 = -15 \\
 \delta\Lambda_{odd} &= \Lambda_{even} - \Lambda_{odd} = 0 - (-14) = 14 \\
 \delta\Lambda_{even} &= \Lambda_{odd} - \Lambda_{even} = -14 - 0 = -14 \\
 \delta\Psi_{odd} &= \Psi_{even} - \Psi_{odd} = 0 - (-15) = 15 \\
 \delta\Psi_{even} &= \Psi_{odd} - \Psi_{even} = -15 - 0 = -15
 \end{aligned}$$

在上述计算中, 下标“odd”表示变量“i”取奇数的情况, 下标“even”表示变量“i”取偶数的情况。上述计算涉及发动机 90 处于左凸轮皮带轮 24 快一齿状态的情况。然而在发动机 90 处于右凸轮皮带轮 26 慢一齿状态的情况下也可以得到同样的结果。

在发动机 90 或者处于左凸轮皮带轮 24 慢一齿的状态或者处于右凸轮皮带轮 26 快一齿的状态的情况下, 7 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 的相应值按公式 (34)~(40) 计算, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}
 \delta P_{EXmaxodd} &= \alpha_{even} - \alpha_{odd} = 0 - 17 = -17 \\
 \delta P_{EXmaxeven} &= \alpha_{odd} - \alpha_{even} = 17 - 0 = 17 \\
 \delta P_{EXconstodd} &= \beta_{even} - \beta_{odd} = 0 - 0 = 0 \\
 \delta P_{EXconsteven} &= \beta_{odd} - \beta_{even} = 0 - 0 = 0 \\
 \delta \Gamma_{odd} &= \Gamma_{even} - \Gamma_{odd} = 0 - 15 = -15 \\
 \delta \Gamma_{even} &= \Gamma_{odd} - \Gamma_{even} = 15 - 0 = 15 \\
 \delta \Sigma_{odd} &= \Sigma_{even} - \Sigma_{odd} = 0 - 15 = -15 \\
 \delta \Sigma_{even} &= \Sigma_{odd} - \Sigma_{even} = 15 - 0 = 15 \\
 \delta \Phi_{odd} &= \Phi_{even} - \Phi_{odd} = 0 - 15 = -15 \\
 \delta \Phi_{even} &= \Phi_{odd} - \Phi_{even} = 15 - 0 = 15 \\
 \delta \Lambda_{odd} &= \Lambda_{even} - \Lambda_{odd} = 0 - 14 = -14 \\
 \delta \Lambda_{even} &= \Lambda_{odd} - \Lambda_{even} = 14 - 0 = 14 \\
 \delta \Psi_{odd} &= \Psi_{even} - \Psi_{odd} = 0 - 15 = -15 \\
 \delta \Psi_{even} &= \Psi_{odd} - \Psi_{even} = 15 - 0 = 15
 \end{aligned}$$

上述计算涉及发动机 90 处于左凸轮皮带轮 24 慢一齿状态的情况。然而在发动机 90 处于右凸轮皮带轮 26 快一齿状态的情况下, 也可以得到同样结果。

在发动机 90 处于左机组的左随动齿轮 40 快一齿状态的情况下, 7 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 的相应值可按照公式 (34)~(40) 计算, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}
 \delta P_{EXmaxodd} &= \alpha_{even} - \alpha_{odd} = 0 - (-42) = 42 \\
 \delta P_{EXmaxeven} &= \alpha_{odd} - \alpha_{even} = -42 - 0 = -42 \\
 \delta P_{EXconstodd} &= \beta_{even} - \beta_{odd} = 0 - (-10) = 10 \\
 \delta P_{EXconsteven} &= \beta_{odd} - \beta_{even} = -10 - 0 = -10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta\Gamma_{\text{odd}} &= \Gamma_{\text{even}} - \Gamma_{\text{odd}} = 0 - (-18) = 18 \\
\delta\Gamma_{\text{even}} &= \Gamma_{\text{odd}} - \Gamma_{\text{even}} = -18 - 0 = -18 \\
\delta\Sigma_{\text{odd}} &= \Sigma_{\text{even}} - \Sigma_{\text{odd}} = 0 - (-8.4) = 8.4 \\
\delta\Sigma_{\text{even}} &= \Sigma_{\text{odd}} - \Sigma_{\text{even}} = -8.4 - 0 = -8.4 \\
\delta\Phi_{\text{odd}} &= \Phi_{\text{even}} - \Phi_{\text{odd}} = 0 - 0 = 0 \\
\delta\Phi_{\text{even}} &= \Phi_{\text{odd}} - \Phi_{\text{even}} = 0 - 0 = 0 \\
\delta\Lambda_{\text{odd}} &= \Lambda_{\text{even}} - \Lambda_{\text{odd}} = 0 - (-17) = 17 \\
\delta\Lambda_{\text{even}} &= \Lambda_{\text{odd}} - \Lambda_{\text{even}} = -17 - 0 = -17 \\
\delta\Psi_{\text{odd}} &= \Psi_{\text{even}} - \Psi_{\text{odd}} = 0 - (-18) = 18 \\
\delta\Psi_{\text{even}} &= \Psi_{\text{odd}} - \Psi_{\text{even}} = -18 - 0 = -18
\end{aligned}$$

在发动机 90 处于左随动齿轮 40 慢一齿状态的情况下, 7 个参数 $\delta P_{\text{EXmax}i}$ 、 $\delta P_{\text{EXconst}i}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 的相应值按照公式 (34) ~ (40) 进行计算, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}
\delta P_{\text{EXmaxodd}} &= \alpha_{\text{even}} - \alpha_{\text{odd}} = 0 - 42 = -42 \\
\delta P_{\text{EXmaxeven}} &= \alpha_{\text{odd}} - \alpha_{\text{even}} = 42 - 0 = 42 \\
\delta P_{\text{EXconstodd}} &= \beta_{\text{even}} - \beta_{\text{odd}} = 0 - 36 = -36 \\
\delta P_{\text{EXconsteven}} &= \beta_{\text{odd}} - \beta_{\text{even}} = 36 - 0 = 36 \\
\delta\Gamma_{\text{odd}} &= \Gamma_{\text{even}} - \Gamma_{\text{odd}} = 0 - 18 = 18 \\
\delta\Gamma_{\text{even}} &= \Gamma_{\text{odd}} - \Gamma_{\text{even}} = 18 - 0 = 18 \\
\delta\Sigma_{\text{odd}} &= \Sigma_{\text{even}} - \Sigma_{\text{odd}} = 0 - 0 = 0 \\
\delta\Sigma_{\text{even}} &= \Sigma_{\text{odd}} - \Sigma_{\text{even}} = 0 - 0 = 0 \\
\delta\Phi_{\text{odd}} &= \Phi_{\text{even}} - \Phi_{\text{odd}} = 0 - 0 = 0 \\
\delta\Phi_{\text{even}} &= \Phi_{\text{odd}} - \Phi_{\text{even}} = 0 - 0 = 0 \\
\delta\Lambda_{\text{odd}} &= \Lambda_{\text{even}} - \Lambda_{\text{odd}} = 0 - 17 = -17 \\
\delta\Lambda_{\text{even}} &= \Lambda_{\text{odd}} - \Lambda_{\text{even}} = 17 - 0 = 17 \\
\delta\Psi_{\text{odd}} &= \Psi_{\text{even}} - \Psi_{\text{odd}} = 0 - 18 = -18 \\
\delta\Psi_{\text{even}} &= \Psi_{\text{odd}} - \Psi_{\text{even}} = 18 - 0 = 18
\end{aligned}$$

在发动机 90 处于右机组的右随动齿轮 42 快一齿状态的情况下, 7 个参数 $\delta P_{\text{EXmax}i}$ 、 $\delta P_{\text{EXconst}i}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 的相应值按照公式 (34) ~ (40) 进行计算, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}
\delta P_{\text{EXmaxodd}} &= \alpha_{\text{even}} - \alpha_{\text{odd}} = -42 - 0 = -42 \\
\delta P_{\text{EXmaxeven}} &= \alpha_{\text{odd}} - \alpha_{\text{even}} = 0 - (-42) = 42
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXconstodd} &= \beta_{even} - \beta_{odd} = -10 - 0 = -10 \\
\delta P_{EXconsteven} &= \beta_{odd} - \beta_{even} = 0 - (-10) = 10 \\
\delta \Gamma_{odd} &= \Gamma_{even} - \Gamma_{odd} = -18 - 0 = -18 \\
\delta \Gamma_{even} &= \Gamma_{odd} - \Gamma_{even} = 0 - (-18) = 18 \\
\delta \Sigma_{odd} &= \Sigma_{even} - \Sigma_{odd} = -8.4 - 0 = -8.4 \\
\delta \Sigma_{even} &= \Sigma_{odd} - \Sigma_{even} = 0 - (-8.4) = 8.4 \\
\delta \Phi_{odd} &= \Phi_{even} - \Phi_{odd} = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Phi_{even} &= \Phi_{odd} - \Phi_{even} = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Lambda_{odd} &= \Lambda_{even} - \Lambda_{odd} = -17 - 0 = -17 \\
\delta \Lambda_{even} &= \Lambda_{odd} - \Lambda_{even} = 0 - (-17) = 17 \\
\delta \Psi_{odd} &= \Psi_{even} - \Psi_{odd} = -18 - 0 = -18 \\
\delta \Psi_{even} &= \Psi_{odd} - \Psi_{even} = 0 - (-18) = 18
\end{aligned}$$

在发动机 90 处于右随动齿轮 42 慢一齿状态的情况下，7 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 的相应值按照公式 (34) ~ (40) 进行计算，计算结果如下：

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmaxodd} &= \alpha_{even} - \alpha_{odd} = 42 - 0 = 42 \\
\delta P_{EXmaxeven} &= \alpha_{odd} - \alpha_{even} = 0 - 42 = -42 \\
\delta P_{EXconstodd} &= \beta_{even} - \beta_{odd} = 36 - 0 = 36 \\
\delta P_{EXconsteven} &= \beta_{odd} - \beta_{even} = 0 - 36 = -36 \\
\delta \Gamma_{odd} &= \Gamma_{even} - \Gamma_{odd} = 18 - 0 = 18 \\
\delta \Gamma_{even} &= \Gamma_{odd} - \Gamma_{even} = 0 - 18 = -18 \\
\delta \Sigma_{odd} &= \Sigma_{even} - \Sigma_{odd} = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Sigma_{even} &= \Sigma_{odd} - \Sigma_{even} = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Phi_{odd} &= \Phi_{even} - \Phi_{odd} = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Phi_{even} &= \Phi_{odd} - \Phi_{even} = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Lambda_{odd} &= \Lambda_{even} - \Lambda_{odd} = 17 - 0 = 17 \\
\delta \Lambda_{even} &= \Lambda_{odd} - \Lambda_{even} = 0 - 17 = -17 \\
\delta \Psi_{odd} &= \Psi_{even} - \Psi_{odd} = 18 - 0 = 18 \\
\delta \Psi_{even} &= \Psi_{odd} - \Psi_{even} = 0 - 18 = -18
\end{aligned}$$

图 79 是一个表，示出上述 8 个缺陷中的各个缺陷和由此得到的 7 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 的值之间关系。这些值等于按照公式 (25) ~ (34) 计算的值。图 79 的表中所示的参数 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 由下列公式 (43) 定义：

$$\delta(\Gamma - \Phi)_i = \Delta\Gamma_m - \Delta\Phi_m - (\Delta\Gamma_i - \Delta\Phi_i) = \Delta\Phi_i - \Delta\Gamma_i \quad \dots (43)$$

在公式(43)中,可以利用平均相对差 $\Delta\Gamma_m$ 、 $\Delta\Phi_m$ 等于 120° 。分别用公式(12)、(13)定义的量替代公式(43)中的项 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 便可以得到以下公式(44):

$$\delta(\Gamma - \Phi)_i = \Gamma_i - \Phi_i - (\Gamma_{i+1} - \Phi_{i+1}) \quad \dots (44)$$

在图79的表中示出的参数 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的值不是按公式(43)计算的值,而是按公式(44)用图24的表中所示的值计算的。在实际发动机测试中,采用用公式(43)计算的参数 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的值。从公式43和图79的表可以看出,参考 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 等于参数 $\delta(\Psi - \Phi)_i$ 。因此可以用参数 $\delta(\Psi - \Phi)_i$ 取代参数 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 。

图79示出,八个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的有关左机组和有关右机组的相应值的组合即八个缺陷中各个缺陷的16个有限差值的分布不同于其它缺陷的分布,只是左凸轮皮带轮24的快一齿状态的分布等于右凸轮皮带轮26的慢一齿状态的分布以及左凸轮皮带轮24的慢一齿状态的配列等于右凸轮皮带轮26快一齿状态的分布。因此,例如,可以从其它缺陷中鉴定或区别左或右随动齿轮40、42的快一齿或慢一齿状态。然而不能彼此区分左凸轮皮带轮24的快一齿的状态和右凸轮皮带轮26慢一齿的状态和不能彼此区分左凸轮皮带轮24的慢一齿的状态和右凸轮皮带轮26快一齿的状态。

下面说明鉴定进气阀游隙的小和大状态、排气阀游隙的小和大状态和压缩环泄漏状态中各个状态的方法。

在只有一个发动机90的气缸#i出现进气阀游隙小的情况下,对于该一个气缸#i的相应值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 可以按照公式(34)~(40)和(44)进行计算,这些相应值应当等于用公式(25)~(31)计算的值,用公式(34)~(40)和(44)进行计算的结果如下:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmaxi} &= \alpha_{i+1} - \alpha_i = 0 - (-47) = 47 \\
\delta P_{EXconsti} &= \beta_{i+1} - \beta_i = 0 - (-16) = 16 \\
\delta \Gamma_i &= \Gamma_{i+1} - \Gamma_i = 0 - (-6.4) = 6.4 \\
\delta \Sigma_i &= \Sigma_{i+1} - \Sigma_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Phi_i &= \Phi_{i+1} - \Phi_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Lambda_i &= \Lambda_{i+1} - \Lambda_i = 0 - (-6) = 6 \\
\delta \Psi_i &= \Psi_{i+1} - \Psi_i = 0 - (-6.4) = 6.4 \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &= \Gamma_i - \Phi_i - (\Gamma_{i+1} - \Phi_{i+1}) \\
&= -6.4 - 0 - (0 - 0) = -6.4
\end{aligned}$$

在发动机 90 只有一个气缸 # i 处于进气阀游隙大状态的情况下, 对于该一个气缸 # i 的相应值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 可以用公式 (34) ~ (40) 和 (44) 进行计算, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmaxi} &= \alpha_{i+1} - \alpha_i = 0 - 18 = -18 \\
\delta P_{EXconsti} &= \beta_{i+1} - \beta_i = 0 - 20 = -20 \\
\delta \Gamma_i &= \Gamma_{i+1} - \Gamma_i = 0 - 5.4 = -5.4 \\
\delta \Sigma_i &= \Sigma_{i+1} - \Sigma_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Phi_i &= \Phi_{i+1} - \Phi_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Lambda_i &= \Lambda_{i+1} - \Lambda_i = 0 - 5 = -5 \\
\delta \Psi_i &= \Psi_{i+1} - \Psi_i = 0 - 5.4 = -5.4 \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &= 5.4 - 0 - (0 - 0) = 5.4
\end{aligned}$$

在发动机 90 只有一个气缸 # i 处于排气阀游隙小状态的情况下, 对于该一个气缸 # i 的相应值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 可以根据公式 (34) ~ (40) 和 (44) 进行计算, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmaxi} &= \alpha_{i+1} - \alpha_i = 0 - (-8) = 8 \\
\delta P_{EXconsti} &= \beta_{i+1} - \beta_i = 0 - (-10) = 10 \\
\delta \Gamma_i &= \Gamma_{i+1} - \Gamma_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Sigma_i &= \Sigma_{i+1} - \Sigma_i = 0 - 6.4 = -6.4 \\
\delta \Phi_i &= \Phi_{i+1} - \Phi_i = 0 - (-6.4) = 6.4 \\
\delta \Lambda_i &= \Lambda_{i+1} - \Lambda_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta \Psi_i &= \Psi_{i+1} - \Psi_i = 0 - 0 = 0 \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &= 0 - (-6.4) - (0 - 0) = 6.4
\end{aligned}$$

在发动机 90 只有一个气缸 # i 的排气阀游隙大的情况下, 可以用公式 (34) ~ (40) 和 (44) 计算该一个气缸 # i 的相应值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}\delta P_{EXmaxi} &= \alpha_{i+1} - \alpha_i = 0 - 12 = -12 \\ \delta P_{EXconsti} &= \beta_{i+1} - \beta_i = 0 - 14 = -14 \\ \delta \Gamma_i &= \Gamma_{i+1} - \Gamma_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Sigma_i &= \Sigma_{i+1} - \Sigma_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Phi_i &= \Phi_{i+1} - \Phi_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Lambda_i &= \Lambda_{i+1} - \Lambda_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Psi_i &= \Psi_{i+1} - \Psi_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta (\Gamma - \Phi)_i &= 0 - 0 - (0 - 0) = 0\end{aligned}$$

在发动机 90 只有一个气缸 # i 的压缩环遗漏的情况下, 可以用公式 (34) ~ (40) 和 (44) 计算该一个气缸的相应值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$, 计算结果如下:

$$\begin{aligned}\delta P_{EXmaxi} &= \alpha_{i+1} - \alpha_i = 0 - (-10) = 10 \\ \delta P_{EXconsti} &= \beta_{i+1} - \beta_i = 0 - (-1) = 1 \\ \delta \Gamma_i &= \Gamma_{i+1} - \Gamma_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Sigma_i &= \Sigma_{i+1} - \Sigma_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Phi_i &= \Phi_{i+1} - \Phi_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Lambda_i &= \Lambda_{i+1} - \Lambda_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta \Psi_i &= \Psi_{i+1} - \Psi_i = 0 - 0 = 0 \\ \delta (\Gamma - \Phi)_i &= 0 - 0 - (0 - 0) = 0\end{aligned}$$

图 80 是一个表, 示出上述五个缺陷中的各个缺陷和由此得到的 8 个参数值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$ 之间的关系。然而就进气阀游隙或排气阀游隙而论, 这些参数的各个参数将连续地变化, 例如在图 3 所示垫片 72 的厚度在被测试的不同发动机 90 中变化的情况下。因此图 80 的表正好例示出当发动机 90 具有进气阀游隙和排气阀游隙缺陷中的各个缺陷时 8 个参数的值。在实际发动机测试中, 这些参数中的各个参数对于不同的发动机 90 可以取不同的值。

从图 79 和 80 的表可以看出, 8 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$ 中的各个参数对于不同的组装

缺陷取不同的值。如下所述，在本发动机测试方法中利用了这一点。

通过判断在各个气缸 # 1 ~ # 6 上测量的 8 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的所有相应值是否为零便可以判断气缸 90 是否是正常的。然而因为测量误差，即使发动机 90 是正常的，这些参数的测量值也不等于零。在本实施例中，可以根据许多正常发动机（例如 1000 台发动机）预先测出 8 个参数中的各个参数的标准偏差 σ ，因而各个参数的参考范围可定为 $0 \pm 3\sigma$ 。如果各个气缸 # 1 ~ # 6 的 8 个参数的所有相应值均分别落在 8 个参考范围内，则如下所述，缺陷检测器 117 的 CPU 将判定发动机 90 是正常的。8 个参数的相应标准偏差通常是彼此不同。然而在以下的说明中，为容易理解，这些偏差均用相同符号 σ 表示。

首先说明第一凸轮皮带轮测试。通过判断在各个奇数编号气缸 # 1、# 3、# 5 上测得的 8 个值和在各个偶数编号气缸 # 2、# 4、# 6（见图 79）上测得的 8 个值是否满足所有以下 16 个公式，即判断这些公式是否正确（“真”）便可以判断左机组的左凸轮皮带轮 24 是否快一齿或右机组的右凸轮皮带轮 26 是否慢一齿：

$$\begin{aligned} 0 + 3\sigma &< \delta P_{EXmaxodd} \\ \delta P_{EXmaxeven} &< 0 - 3\sigma \\ 0 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXconstodd} \leq 0 + 3\sigma \\ 0 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXconsteven} \leq 0 + 3\sigma \\ 0 + 3\sigma &< \delta \Gamma_{odd} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta \Gamma_{even} &< 0 - 3\sigma \\ 0 + 3\sigma &< \delta \Sigma_{odd} \\ \delta \Sigma_{even} &< 0 - 3\sigma \\ 0 + 3\sigma &< \delta \Phi_{odd} \\ \delta \Phi_{even} &< 0 - 3\sigma \\ 0 + 3\sigma &< \delta \Lambda_{odd} \\ \delta \Lambda_{even} &< 0 - 3\sigma \\ 0 + 3\sigma &< \delta \Psi_{odd} \\ \delta \Psi_{even} &< 0 - 3\sigma \\ 0 - 3\sigma &\leq \delta(\Gamma - \Phi)_{odd} \leq 0 + 3\sigma \\ 0 - 3\sigma &\leq \delta(\Gamma - \Phi)_{even} \leq 0 + 3\sigma \end{aligned}$$

当变量“i”是奇数时用下标“odd”，而当变量“i”为偶数时用下标“even”。在本实施例中，当在左机组的所有三个气缸# 1、# 3、# 5上测量的各个参数 $\delta P_{EXmaxodd}$ 、 $\delta P_{EXconstodd}$ 、 $\delta \Gamma_{odd}$ 、 $\delta \Sigma_{odd}$ 、 $\delta \Phi_{odd}$ 、 $\delta \Lambda_{odd}$ 、 $\delta \Psi_{odd}$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_{odd}$ 的相应值满足上述公式中对应的一个公式时，从该公式可以得到肯定判断（“真”），而当在右机组的所有三个气缸# 2、# 4、# 6上测量的各个参数 δP_{EXeven} 、 $\delta P_{EXconsteven}$ 、 $\delta \Gamma_{even}$ 、 $\delta \Sigma_{even}$ 、 $\delta \Phi_{even}$ 、 $\delta \Lambda_{even}$ 、 $\delta \Psi_{even}$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_{even}$ 的相应值满足上述公式中的对应公式时，可以从该公式得到肯定判断（“真”）。

上述16个公式可以用下面16个公式代替，在下面的16个公式中，完全可以利用图79的表中所示的数值来鉴定凸轮皮带轮24、26的缺陷：

$$\begin{aligned}
 17 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXmaxodd} \leq 17 + 3\sigma \\
 -17 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXmaxeven} \leq -17 + 3\sigma \\
 0 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXconstodd} \leq 0 + 3\sigma \\
 0 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXconsteven} \leq 0 + 3\sigma \\
 15 - 3\sigma &\leq \delta \Gamma_{odd} \leq 15 + 3\sigma \\
 -15 - 3\sigma &\leq \delta \Gamma_{even} \leq -15 + 3\sigma \\
 15 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_{odd} \leq 15 + 3\sigma \\
 -15 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_{even} \leq -15 + 3\sigma \\
 15 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_{odd} \leq 15 + 3\sigma \\
 -15 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_{even} \leq -15 + 3\sigma \\
 14 - 3\sigma &\leq \delta \Lambda_{odd} \leq 14 + 3\sigma \\
 -14 - 3\sigma &\leq \delta \Lambda_{even} \leq -14 + 3\sigma \\
 15 - 3\sigma &\leq \delta \Psi_{odd} \leq 15 + 3\sigma \\
 -15 - 3\sigma &\leq \delta \Psi_{even} \leq -15 + 3\sigma \\
 0 - 3\sigma &\leq \delta(\Gamma - \Phi)_{odd} \leq 0 + 3\sigma \\
 0 - 3\sigma &\leq \delta(\Gamma - \Phi)_{even} \leq 0 + 3\sigma
 \end{aligned}$$

在下面要说明的另一个凸轮皮带轮的测试或另一个随动齿轮的测试中，可以用第二组公式代替此处所用的并为此进行说明的第一组公式，该第二组公式类似于用于第一凸轮皮带轮测试的上述可替换的一组公式，虽然第二组公式没有进行特别说明。

下面说明第二凸轮皮带轮的测试。通过判断在各个奇数编号气缸#

1、# 3、# 5测得的各个参数的相应值和在各个偶数编号气缸# 2、# 4、# 6（见图 79）测得的各个参数的相应值是否满足以下所有 16 个公式即此 16 个公式是否成立（即“真”）便可以判断左凸轮皮带轮 24 是否慢一齿或右凸轮皮带轮 26 是否快一齿：

$$\begin{aligned}
 &\delta P_{EXmaxodd} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta P_{EXmaxeven} \\
 &0 - 3\sigma \leq \delta P_{EXconstodd} \leq 0 + 3\sigma \\
 &0 - 3\sigma \leq \delta P_{EXconsteven} \leq 0 + 3\sigma \\
 &\delta \Gamma_{odd} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Gamma_{even} \\
 &\delta \Sigma_{odd} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Sigma_{even} \\
 &\delta \Phi_{odd} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Phi_{even} \\
 &\delta \Lambda_{odd} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Lambda_{even} \\
 &\delta \Psi_{odd} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Psi_{even} \\
 &0 - 3\sigma \leq \delta(\Gamma - \Phi)_{odd} \leq 0 + 3\sigma \\
 &0 - 3\sigma \leq \delta(\Gamma - \Phi)_{even} \leq 0 + 3\sigma
 \end{aligned}$$

通过判断所有下列表达式是否被满足或是否成立（即“真”）则可判断左机组的左随动齿轮 40 是否快一齿：

$$\begin{aligned}
 &0 + 3\sigma < \delta P_{EXmaxodd} \\
 &\delta P_{EXmaxeven} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta P_{EXconstodd} \\
 &\delta P_{EXconsteven} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Gamma_{odd} \\
 &\delta \Gamma_{even} < 0 - 3\sigma \\
 &0 + 3\sigma < \delta \Sigma_{odd} \\
 &\delta \Sigma_{even} < 0 - 3\sigma \\
 &0 - 3\sigma \leq \delta \Phi_{odd} \leq 0 + 3\sigma \\
 &0 - 3\sigma \leq \delta \Phi_{even} \leq 0 + 3\sigma
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0 + 3\sigma &< \delta\Lambda_{\text{odd}} \\
\delta\Lambda_{\text{even}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta\Psi_{\text{odd}} \\
\delta\Psi_{\text{even}} &< 0 - 3\sigma \\
\delta(\Gamma - \Phi)_{\text{odd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &\leq \delta(\Gamma - \Phi)_{\text{even}}
\end{aligned}$$

通过判断所有下列公式是否被满足或是否成立（即“真”）则可判断左机组的左随动齿轮 40 是否慢一齿：

$$\begin{aligned}
&\delta P_{\text{EXmaxodd}} < 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{\text{EXmaxeven}} \\
P_{\text{EXconstodd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{\text{EXconsteven}} \\
\delta\Gamma_{\text{odd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta\Gamma_{\text{even}} \\
0 - 3\sigma &\leq \delta\Sigma_{\text{odd}} \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta\Sigma_{\text{even}} \leq 0 + 3\sigma \\
&\dots \\
0 - 3\sigma &\leq \delta\Phi_{\text{odd}} \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta\Phi_{\text{even}} \leq 0 + 3\sigma \\
\delta\Lambda_{\text{odd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta\Lambda_{\text{even}} \\
\delta\Psi_{\text{odd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta\Psi_{\text{even}} \\
0 + 3\sigma &< \delta(\Gamma - \Phi)_{\text{odd}} \\
\delta(\Gamma - \Phi)_{\text{even}} &< 0 - 3\sigma
\end{aligned}$$

通过判断所有下列所有公式是否被满足或是否成立（即“真”）则可判断右机组的右随动齿轮 42 是否快一齿：

$$\begin{aligned}
&\delta P_{\text{EXmaxodd}} < 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{\text{EXmaxeven}} \\
P_{\text{EXconstodd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{\text{EXconsteven}} \\
\delta\Gamma_{\text{odd}} &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta\Gamma_{\text{even}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\Sigma_{\text{odd}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta\Sigma_{\text{even}} \\
&0 - 3\sigma \leq \delta\Phi_{\text{odd}} \leq 0 + 3\sigma \\
&0 - 3\sigma \leq \delta\Phi_{\text{even}} \leq 0 + 3\sigma \\
&\delta\Lambda_{\text{odd}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta\Lambda_{\text{even}} \\
&\delta\Psi_{\text{odd}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta\Psi_{\text{even}} \\
&0 + 3\sigma < \delta(\Gamma - \Phi)_{\text{odd}} \\
&\delta(\Gamma - \Phi)_{\text{even}} < 0 - 3\sigma
\end{aligned}$$

通过判断所有下列公式是否被满足或是否成立（即“真”）则可判断右机组的右随动齿轮 42 是否慢一齿：

$$\begin{aligned}
&0 + 3\sigma < \delta P_{\text{EXmaxodd}} \\
&\delta P_{\text{EXmaxeven}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta P_{\text{EXconstodd}} \\
&P_{\text{EXconsteven}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta\Gamma_{\text{odd}} \\
&\delta\Gamma_{\text{even}} < 0 - 3\sigma \\
&0 - 3\sigma \leq \delta\Sigma_{\text{odd}} \leq 0 + 3\sigma \\
&0 - 3\sigma \leq \delta\Sigma_{\text{even}} \leq 0 + 3\sigma \\
&0 - 3\sigma \leq \delta\Phi_{\text{odd}} \leq 0 + 3\sigma \\
&0 - 3\sigma \leq \delta\Phi_{\text{even}} \leq 0 + 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta\Lambda_{\text{odd}} \\
&\delta\Lambda_{\text{even}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta\Psi_{\text{odd}} \\
&\delta\Psi_{\text{even}} < 0 - 3\sigma \\
&\delta(\Gamma - \Phi)_{\text{odd}} < 0 - 3\sigma \\
&0 + 3\sigma < \delta(\Gamma - \Phi)_{\text{even}}
\end{aligned}$$

下面说明进气阀游隙测试。通过判断下列所有公式是否被满足（见图 80）即是否成立（为“真”）则可以判断由变量“i”（i = 1 ~ 6）表示的气缸其进气阀游隙是否小：

$$\begin{aligned}
0 + 3\sigma &< \delta P_{EXmaxi} \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{EXconsti} \\
0 + 3\sigma &< \delta \Gamma_i \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta \Lambda_i \\
0 + 3\sigma &< \delta \Psi_i \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &< 0 - 3\sigma
\end{aligned}$$

通过判断所有下列表达式是否被满足(见图 80)即是否成立(“真”)则可判断由变量“i”表示的气缸其进气阀游隙是否大:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmaxi} &< 0 - 3\sigma \\
P_{EXconsti} &< 0 - 3\sigma \\
\delta \Gamma_i &< 0 - 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_i \leq 0 + 3\sigma \\
\delta \Lambda_i &< 0 - 3\sigma \\
\delta \Psi_i &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta(\Gamma - \Phi)_i
\end{aligned}$$

下面说明排气阀游隙测试。通过判断所有下列公式是否被满足(见图 80)即是否成立(“真”)则可判断由变量“i”(i = 1 ~ 6)表示的气缸其排气阀游隙是否小:

$$\begin{aligned}
0 + 3\sigma &< \delta P_{EXmaxi} \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{EXconsti} \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Gamma_i \leq 0 + 3\sigma \\
\delta \Sigma_i &< 0 - 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta \Phi_i \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Lambda_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Psi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 + 3\sigma &< \delta(\Gamma - \Phi)_i
\end{aligned}$$

通过判断以下所有公式是否被满足(见图 80)即是否成立(“真”)则可判断由变量“i”表示的气缸其排气阀游隙是否大:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmaxi} &< 0 - 3\sigma \\
P_{EXconsti} &< 0 - 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Gamma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Lambda_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Psi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta (\Gamma - \Phi)_i \leq 0 + 3\sigma
\end{aligned}$$

下面说明压缩环泄漏测试。通过判断以下所有公式是否被满足（见图 80）即是否成立（“真”）则可判断由变量“i”表示的气缸其压缩环是否泄漏：

$$\begin{aligned}
0 + 3\sigma &< \delta P_{EXmaxi} \\
0 + 3\sigma &< \delta P_{EXconsti} \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Gamma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Lambda_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Psi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta (\Gamma - \Phi)_i \leq 0 + 3\sigma
\end{aligned}$$

在上述各个缺陷鉴定测试中所用的成组的公式可以提供正确的结论，只要某种假定成立。该假定是在图 79 和 80 的表中所示非零的值的相应绝对值显著大于值 3σ ，该值 3σ 代表在正常发动机上这些表中所示八个参数的相应变化范围的基本上、下限。换言之，假定是，在有缺陷发动机上 8 个参数中各个参数的变化范围不能与正常发动机上各个参数的相应变化范围重叠。在本实施例中，在几乎所有情况下，在表 79 和 80 的表中所示非零值的相应绝对值大于值 3σ 。然而有些例外的情况。例如图 80 的表中的对应于压缩环泄漏的有限差 $\delta P_{EXconsti}$ 为值 1，该差小于值 3σ 。在这些例外情况下，如果采用涉及有限差 $\delta P_{EXconsti}$ 的上述公式来确定压缩环的泄漏，则 CPU 可能错误判定发动机 # i 没有压缩环泄漏，尽管该缺陷是存在的。在这些例外情况下，此问题可以通过不用上述涉及有限差 $\delta P_{EXconsti}$ 的公式来解决。这也同样适用于其它七个参数。不考虑有限差值 $\delta P_{EXconsti}$ ，CPU 也可以根据图 80 的表中的其

它参数的相应值准确地使压缩环泄漏缺陷与发动机 90 的其它缺陷或正常装配状态区别开。应当注意到,在有些情况下,使用所有上述对应公式来确定各个缺陷是多余的。例如从图 79 和 80 可以看出,对应于所有缺陷的有限差 $\delta\Gamma_i$ 的相应值等于有限差 $\delta\Psi_i$ 。因此可以省去涉及两个参数中任何一个参数的一个或多个步骤。

图 81 是流程图,示出发动机测试程序,该程序预先贮存在图 4 所示缺陷检测器 117 的 ROM 中并由缺陷检测器的 CPU 和 RAM 执行。运行该程序可以执行本发明的上述第七发动机测试方法。按照该程序,可以利用上述相应的成组公式鉴定图 79 和 80 的表中所示的各个缺陷的存在或不存在。更具体地讲,可以在步骤 U1100、U1102、U1104、U1106、U1108、U1110、U1112 和 U1114 分别采用 8 个参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的相应值来判断上述相应的成组公式是否正确(“真”),从而判定各个缺陷的存在与不存在。为鉴定各个缺陷的存在与不存在,在对应于某个缺陷的某组公式在步骤 U1100 ~ U1114 均能提供“真”判断的情况下,CPU 断定该发动机 90 具有该缺陷。在这种情况下,CPU 的控制器进到 U1116,令显示器 118 点亮对应于由此判定或确定的缺陷的灯。然后 CPU 退出本子程序。

然而如上所述,当 CPU 试图寻找某种缺陷时 CPU 可以省去某些步骤。例如当 CPU 试图确定排气阀游隙小时,CPU 省去采用有限差 δP_{EXmaxi} 的值的步骤 U1100。

另一方面,如果在步骤 U1100 ~ U1114 中至少一个步骤提供“假”的判断,则 CPU 直接退出本程序而不执行其它操作。对于各个缺陷均采用上述对应的成组公式运行本子程序。应当注意到,从图 79 可以明显看出,不可能使左凸轮皮带轮 24 或右随动齿轮 40 的快一齿状态与右凸轮皮带轮 26 或右随动齿轮 42 的慢一齿状态相区别,或不能使左凸轮皮带轮 24 或左随动齿轮 40 的慢一齿状态与右凸轮皮带轮 26 或右随动齿轮 42 的快一齿状态相区别。因此 CPU 只能判定发动机 90 具有前两个缺陷中的任一个缺陷或发动机 90 具有后两个缺陷中的任一个缺陷。

可以采用图 81 的子程序来只作发动机是否正常的判断。在这种情况下应用以下一组公式:

$$\begin{aligned}
0 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXmaxi} \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta P_{EXconsti} \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Gamma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Sigma_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Phi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Lambda_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta \Psi_i \leq 0 + 3\sigma \\
0 - 3\sigma &\leq \delta (\Gamma - \Phi)_i \leq 0 + 3\sigma
\end{aligned}$$

在这种情况下,可以更改步骤 U1116,使得 CPU 令显示器 118 点亮表示发动机 90 是正常的 OK 灯 200。

从上述说明可以得到结论:图 81 的子程序需要在许多正常发动机上测量参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$ 的相应值,然后根据这些测量值计算这些参数的相应标准偏差 σ 。下面将说明,改动图 81 的子程序可以省去那些操作。

首先,在执行凸轮皮带轮测试或随动齿轮测试时,可以省去使用参数值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Lambda_i$ 的步骤,即省去图 81 的步骤 U1100、U1102、U1110。换言之,只采用参数 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$ 的值。这些值在理论上是已知的而不一定要在发动机上实际测定。例如,在发动机处于凸轮皮带轮 24、26 快一齿或慢一齿状态时,参数 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 改变 +15 或 -15。这是理论上已知的。另一方面,只需在装配的发动机上进行实际测定便可测得参数 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Lambda_i$ 的值。因此可以省去应用参数值 δP_{EXmaxi} 、 $\delta P_{EXconsti}$ 、 $\delta \Lambda_i$ 的步骤。

随后,在进行进气阀游隙小或大或者排气阀游隙小或大的测试时,可以改变图 81 的子程序,以便利用参数值 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)$ 的相应符号,就本实施例而言,“符号”被确定为除正、负号外还包括表示均为零值的符号。例如约为零的值被确定为落在约零值的范围 0 ± 2 内。这些值 ± 2 是已知的经验值,不是直接从正常的发动机 90 上的测量值中导出的值。对于不同的参数 $\delta \Gamma_i$ 、 $\delta \Sigma_i$ 、 $\delta \Phi_i$ 、 $\delta \Lambda_i$ 、 $\delta \Psi_i$ 、 $\delta (\Gamma - \Phi)_i$ 分别采用不同的零值范围。因此具有正号的值被确定为不小于 2,而具有负号的值被确定为不大于 -2。在图 80 的表中所示值的相应

绝对值不是已知的, 除非在有缺陷的发动机上进行实际测量。然而在很多情况下, 参数 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的值的相应符号(即正号、负号或约零值)在理论上可根据发动机90的结构等信息得到。在图80的表中示出用来确定上述三种缺陷的参数 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的值的相应符号(即正号、负号、约零值)。另外, 图80的表示出用来确定参数 δP_{EXmaxi} 的值的符号(即负号)以及用来确定压缩环遗漏的参数 δP_{EXmaxi} 的值的符号(即正号), 这将在下面说明。

在进行进气阀游隙小测试时, 象在进行凸轮皮带轮测试或随动齿轮测试时那样, 可以省去图81的步骤U1100和U1102。另外, 可以改动步骤U1104 ~ U1114使其可以分别判断以下公式是正确(“真”)还是不正确(“假”):

$$\begin{aligned}\delta\Gamma_i &\geq 2 & (U1104) \\ \delta\Sigma_i &\sim 0 & (U1106) \\ \delta\Phi_i &\sim 0 & (U1108) \\ \delta\Lambda_i &\geq 2 & (U1110) \\ \delta\Psi_i &\geq 2 & (U1112) \\ \delta(\Gamma - \Phi)_i &\leq -2 & (U1114)\end{aligned}$$

在上述表达式中, 例 $\delta\Gamma_i \geq 2$ 意味着有限差 $\delta\Gamma_i$ 的值大于约零值(即正); $\delta\Sigma_i \sim 0$ 意味着有限差 $\delta\Sigma_i$ 的值约为零; $\delta(\Gamma - \Phi)_i \leq -2$ 意味着参数 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的值小于约零值(即负)。

在进行进气阀游隙大的测试时, 可以改动步骤U1104 ~ U1114, 使得可以分别判断以下公式是正确(“真”)还是不正确:

$$\begin{aligned}\delta\Gamma_i &\leq -2 & (U1104) \\ \delta\Sigma_i &\sim 0 & (U1106) \\ \delta\Phi_i &\sim 0 & (U1108) \\ \delta\Lambda_i &\leq -2 & (U1110) \\ \delta\Psi_i &\leq -2 & (U1112) \\ \delta(\Gamma - \Phi)_i &\geq 2 & (U1114)\end{aligned}$$

在进行排气阀游隙小测试时, 可以改动步骤U1104 ~ U1114, 使得可以分别判断以下公式是正确(“真”)还是不正确:

$$\begin{aligned}
\delta\Gamma_i &\sim 0 & (U1104) \\
\delta\Sigma_i &\leq -2 & (U1106) \\
\delta\Phi_i &\geq 2 & (U1108) \\
\delta\Lambda_i &\sim 0 & (U1110) \\
\delta\Psi_i &\sim 0 & (U1112) \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &\geq 2 & (U1114)
\end{aligned}$$

在进行排气阀游隙大测试或压缩环泄漏测试时不能省去步骤 U1100. 即只省去步骤 U1102. 具体地讲, 当进行排气阀游隙大测试时, 可以改动步骤 U1100 和 U1104 ~ U1114, 使得可以分别判断以下公式是正确 (“真”) 还是不正确:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmax} &\leq -2 & (U1100) \\
\delta\Gamma_i &\sim 0 & (U1104) \\
\delta\Sigma_i &\sim 0 & (U1106) \\
\delta\Phi_i &\sim 0 & (U1108) \\
\delta\Lambda_i &\sim 0 & (U1110) \\
\delta\Psi_i &\sim 0 & (U1112) \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &\sim 0 & (U1114)
\end{aligned}$$

在进行压缩环泄漏测试时, 改变步骤 U1110 和 U1104 ~ U1114, 使得可以分别判断以下公式是正确 (“真”) 还是不正确:

$$\begin{aligned}
\delta P_{EXmax} &\geq 2 & (U1100) \\
\delta\Gamma_i &\sim 0 & (U1104) \\
\delta\Sigma_i &\sim 0 & (U1106) \\
\delta\Phi_i &\sim 0 & (U1108) \\
\delta\Lambda_i &\sim 0 & (U1110) \\
\delta\Psi_i &\sim 0 & (U1112) \\
\delta(\Gamma - \Phi)_i &\sim 0 & (U1114)
\end{aligned}$$

如果按上述方式改变图 81 的子程序, 则可以鉴定各个缺陷, 而不必预先利用在正常发动机上测量的参数值计算参数的标准偏差 σ .

从上述说明可以看出, 在第七发动机测试方法中, 可以通过将各对

接连点燃气缸中的一个气缸上测得的值与各对气缸中另一个气缸上测得值相比较而鉴定各个缺陷。就具有左、右机组的发动机 90 而言,一般认为,根据在左机组的一个气缸(变量“ i ”是奇数)上测得的值和在右机能的一个气缸(变量“ i ”是偶数)上测得的值的比较便可以鉴定各个缺陷。

即使在不同于发动机 90 的一种或多种类型的发动机上进行测试,参数 $\delta\Gamma_i$ 、 $\delta\Sigma_i$ 、 $\delta\Phi_i$ 、 $\delta\Lambda_i$ 、 $\delta\Psi_i$ 、 $\delta(\Gamma - \Phi)_i$ 的值对于各个缺陷也可以具有相同的符号(即正号、负号或约零值),如图 80 的表所示。在后一种情况下,本方法可用于测试两种类型以上的发动机。

在第六和第七实施例中的各个实施例中,使一个气缸上测得的相应参数值 P_{EXmax} 、 $\Delta\Gamma_i$ 等以及用这些相应值计算的一个或多个值与另一个气缸上测得的相应参数值 P_{EXmax} 、 $\Delta\Gamma_i$ 等以及用这些相应值计算的一个或多个值相比较。因此不需测定排气压力 P_{EX} 和进气压力满足预定条件的相应 CS 角。因而在实际发动机测试中可以省去图 4 所示的 CS 传感器 114。因而可以简化图 4 所示测试装置的结构。

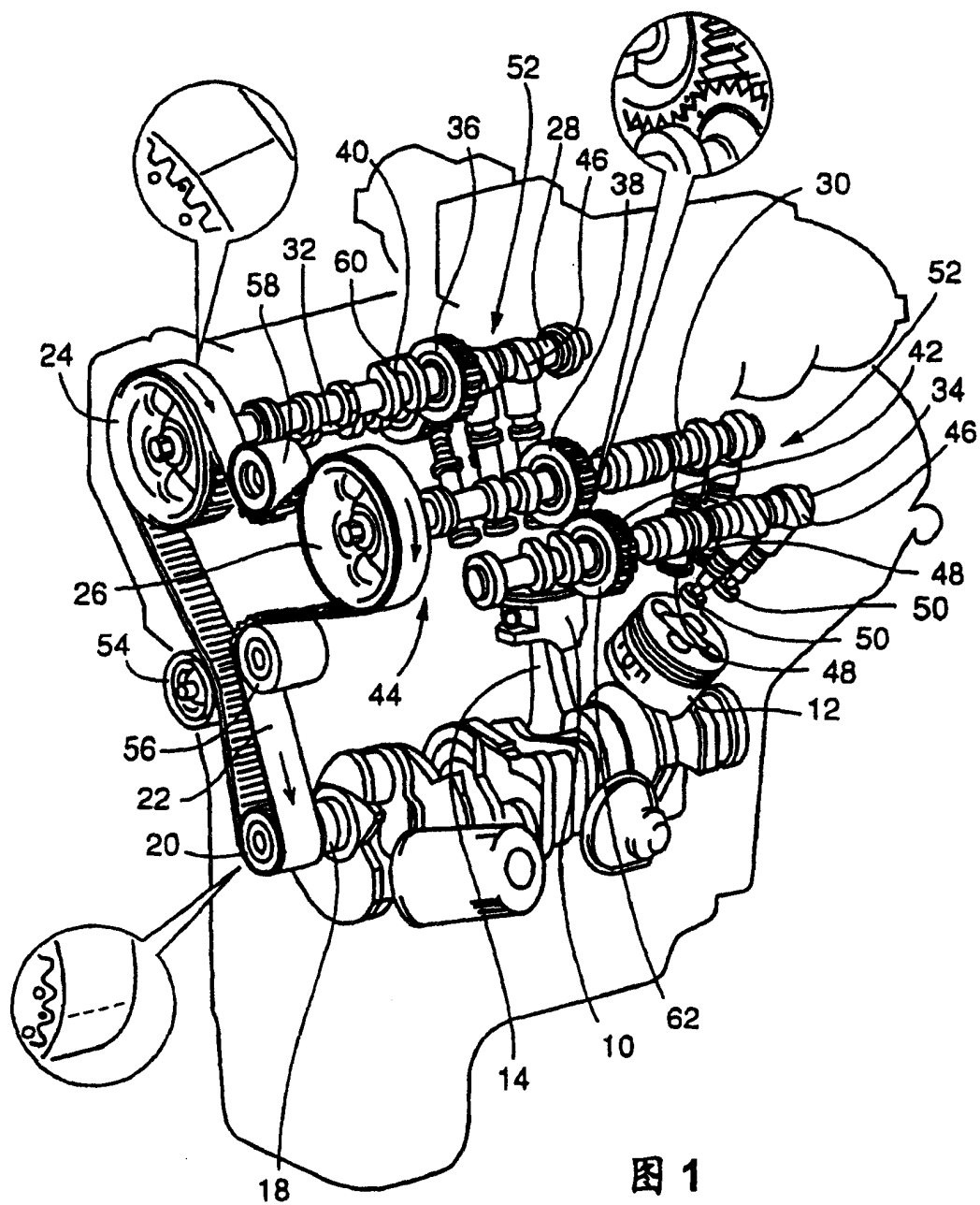
在第六和第七实施例中的各个实施例中,在缓冲桶 96 中检测进气压力 P_{IN} 。然而可以在各个进气的 92 中检测进气压力 P_{IN} 。在后一种情况下,可以得到对应于所有气缸 # 1 ~ # 6 的进气压力,并可以依据这些进气压力 P_{IN} 鉴定发动机 90 的安装缺陷。另外,在第六和第七的各个实施例中,由缓冲桶 96、进气歧管 94 和进气口 94 的相应内空间构成进气阀侧空间,然而可以由六个进气口的相应内空间构成六个进气阀侧空间。在后一种情况下,在实施第六或第七发动机测试方法时,除关闭一个或多个排气阀侧空间外或取代其关闭而可以关闭这些进气阀侧空间。

在六个进气阀侧空间由六个进气口 92 构成的情况下, CPU 可以从六个进气压力 P_{IN} 的各个压力确定对应于排气压力最大值 P_{EXmax} 、排气压力恒定值 $P_{EXconst}$ 等的进气压力值,并确定对应于排气压力开始减小角的相对差 $\Delta\Phi_i$ 等的角度差。因此 CPU 可以根据这些进气压力值和这些角度差鉴定各种缺陷。

在第六和第七的各个实施例中,可以测试 V6 式 DOHC 汽油发动机。然而本发明适用于测试各种类型的发动机。例如在测试 SOHC 发动机的情况下,可以省去寻找随动齿轮 40、42 缺陷的测试步骤。另外,在进

气凸轮轴（32、34）不由随动齿轮（40、42）而由不同的凸轮皮带轮驱动的那种 DOHC 发动机的情况下，可以应用寻找这些不同凸轮皮带轮缺陷的测试步骤来代替寻找随动齿轮缺陷的测试步骤。同时，在第六和第七的各个实施例中的，可以根据排气压力 P_{EX} 的特征参数例如排气压力最大值 θ_{EXmax} 、排气压力最大值角 θ_{EXmax} 等推导出的参数（例如排气压力最大值角的相对差 $\Delta\Gamma$ ）来进行发动机测试。然而，也可以应用图 24 的表中所示的其它参数和/或图 8 中所示曲线的其它特征参数来进行发动机测试。例如图 8 所示曲线的最大倾斜或对应于最大斜率的曲轴角、曲线的变化率超过参考值的长度或位置等均可用来确定发动机的一个或多个缺陷。本发明也适用于测试柴油机。

为了更可靠地鉴定或确定同时出现在一个发动机上的许多缺陷中的各个缺陷，可以用发动机测试装置从发动机上收集更多的信息。例如，可以在发动机上人为地制造预定缺陷存在或不存在的所有可能组合，然后在发动机的人为制造的所有预定缺陷组合的各个组合中用测试装置收集预定参数 θ_{EXmax} 、 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 等的成组的相应值。随后，测试装置从要测试的发动机上测定一组预定参数 P_{EXmax} 、 θ_{EXmax} 等的相应值，并将测定的一组值与预先在所有缺陷组合中收集的参照组中的各个组的值比较，然后在所有缺陷组合中选出一种组合作为发动机的鉴定出的缺陷组合，该选出的一种组合对应于最接近测定组的参照组。在第六和第七的各个实施例中，测试装置可以确定曲轴皮带轮 20、凸轮皮带轮 24、26 或随动齿轮 40、42 的快一齿或慢一齿的状态。然而该测试装置还适合于确定各个轮 20、24、26、40、42 的快两个或多个齿或者慢两个或多个齿的状态。在最后一种情况下，为更准确地确定一个或多个缺陷，可以将各个 P_{EXmax} 、 $\Delta\Gamma_i$ 、 $\Delta\Phi_i$ 等参数分成更多的范围。在这种情况下，必须互相区分各个参数相应值的不大的差别。因为用在第六和第七的各个实施例中的发动机测试装置可以迅速测定各个参数的许多值，所以可以通过例如统计分析这些值很可靠地确定发动机的一个或多个缺陷。



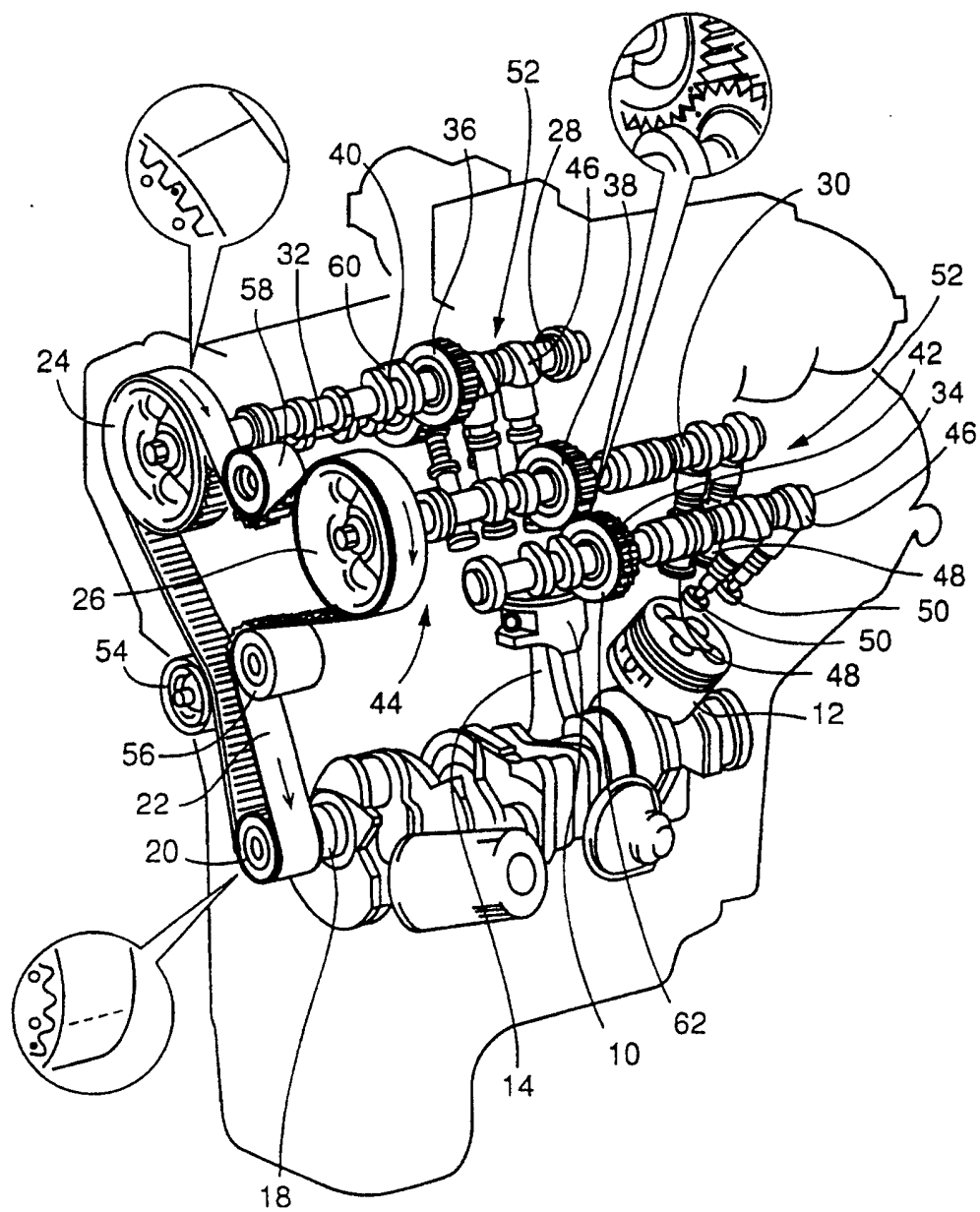


图 2

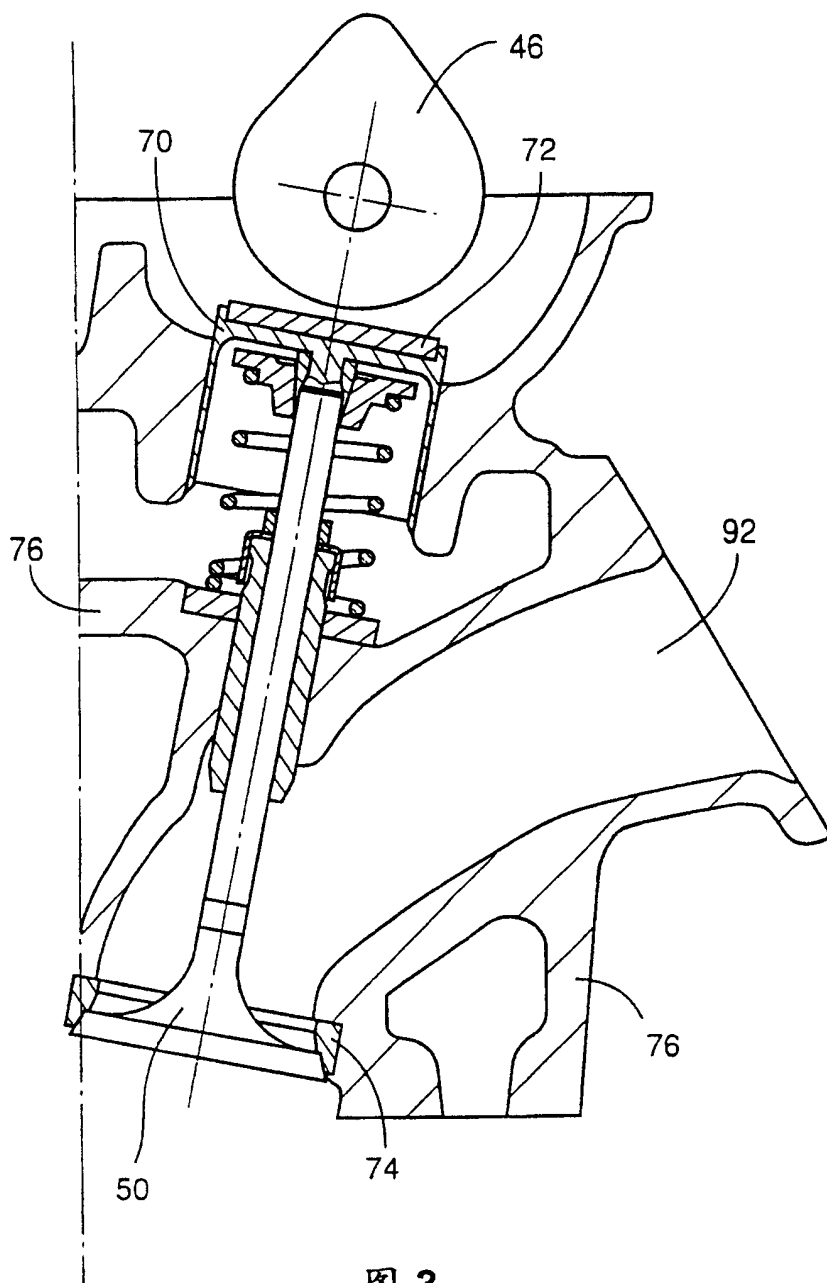


图 3

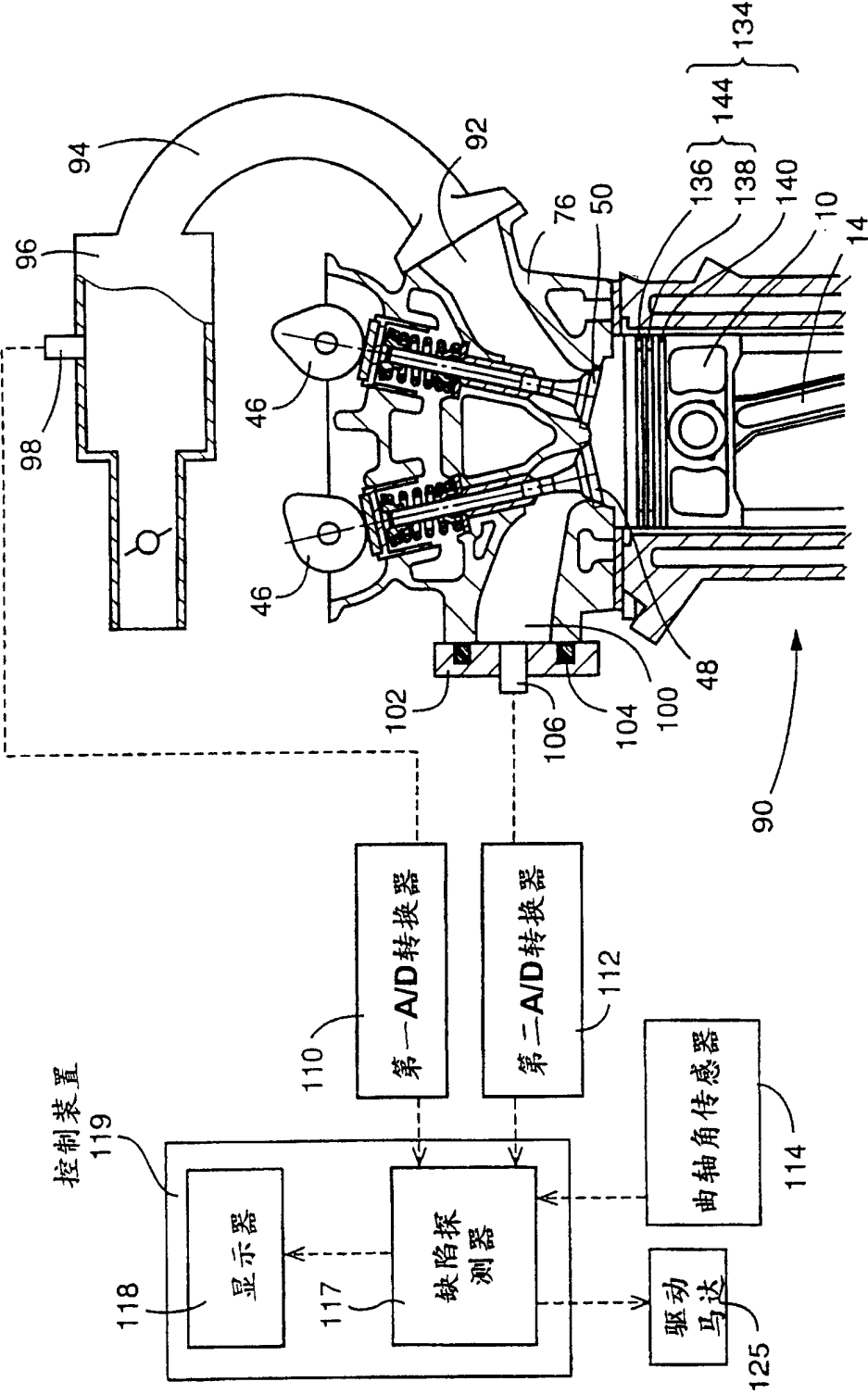


图 4

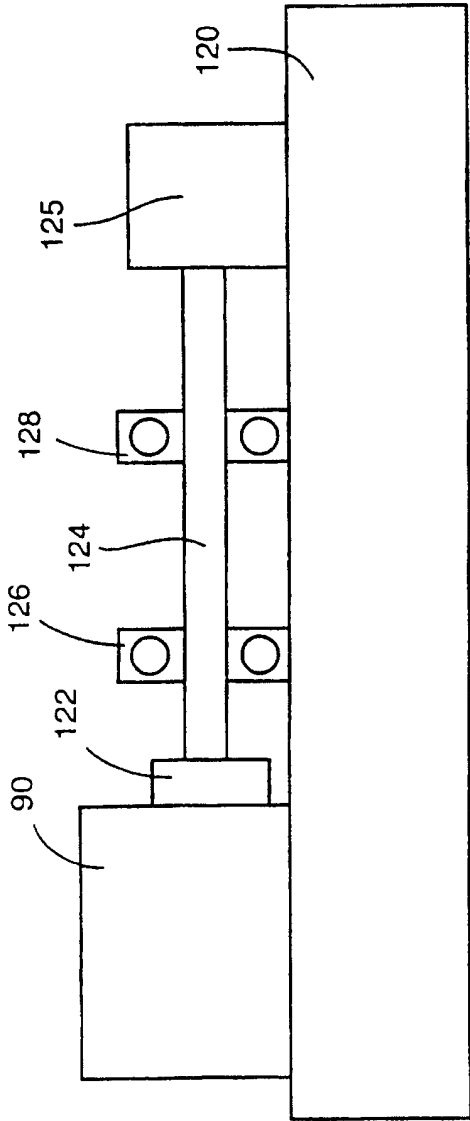


图 5

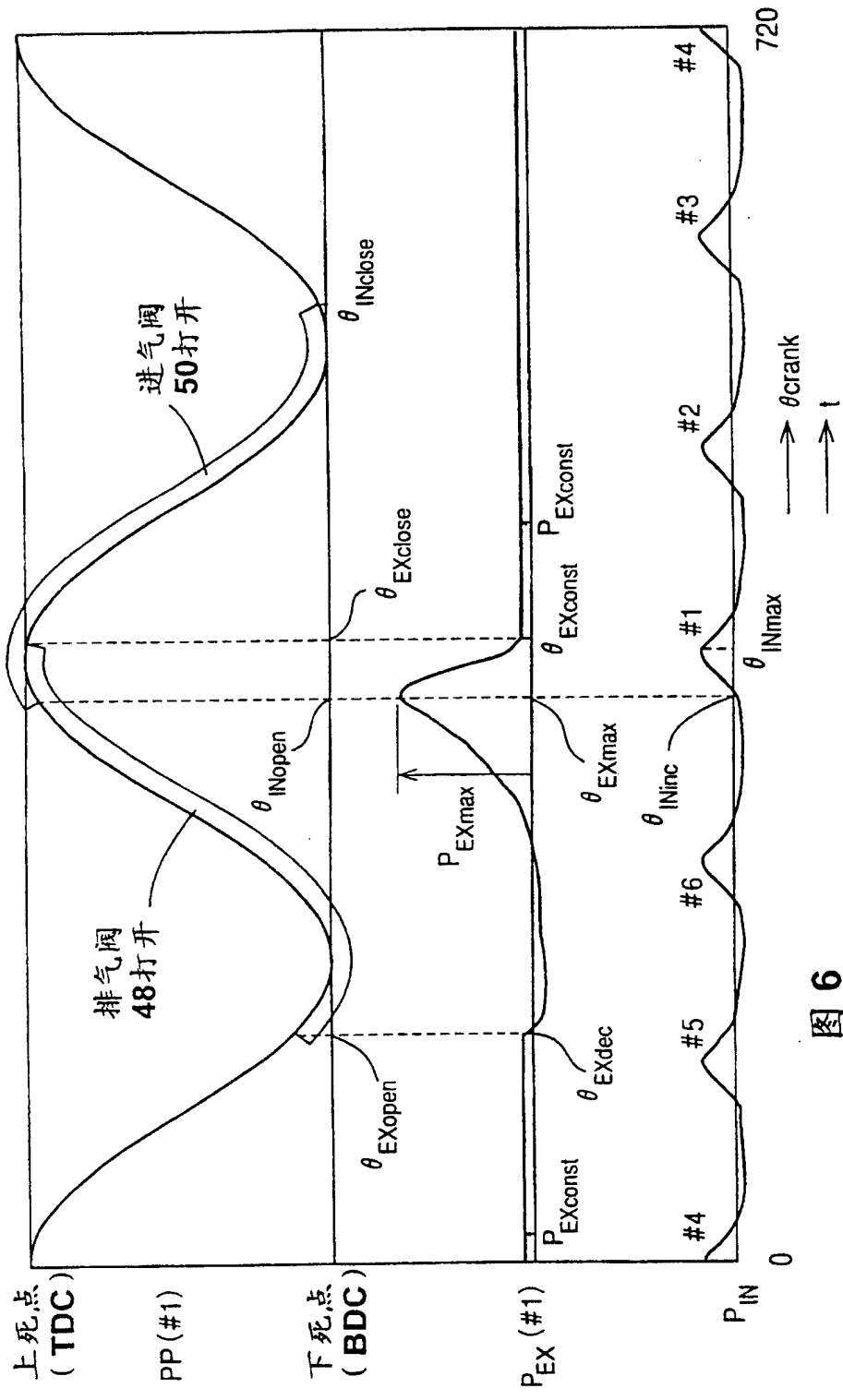


图 6

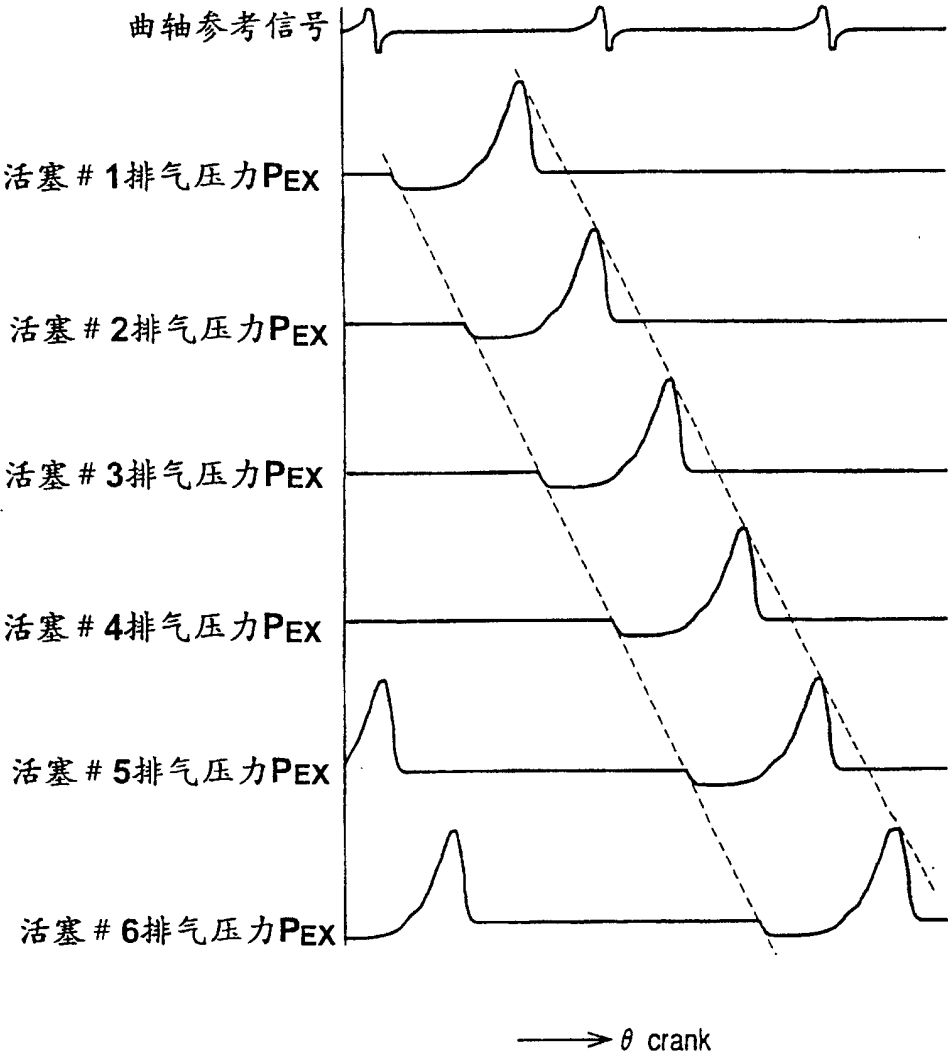


图 7

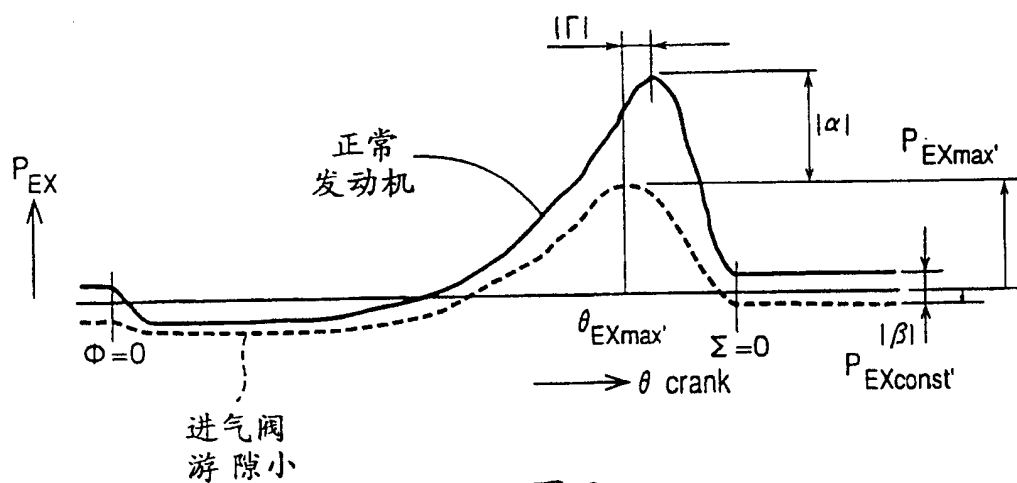


图 8

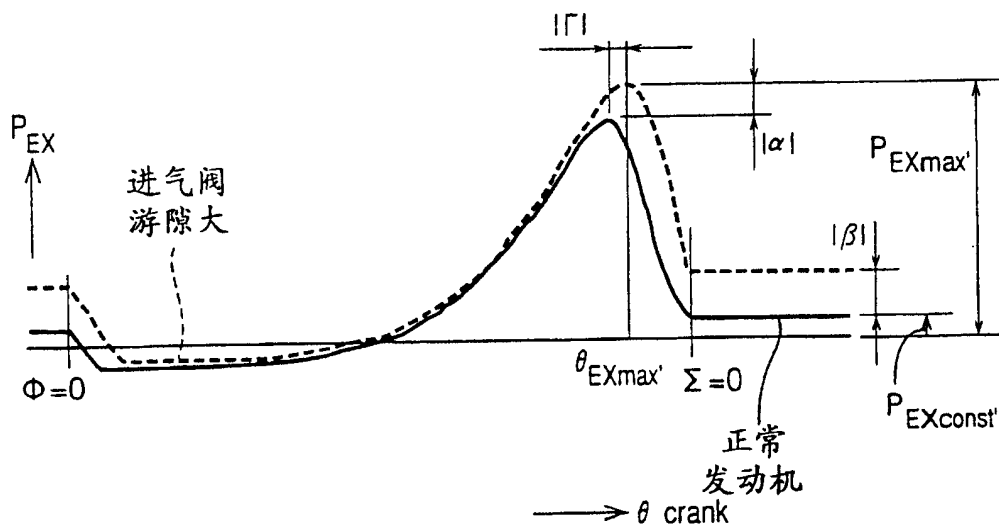


图 9

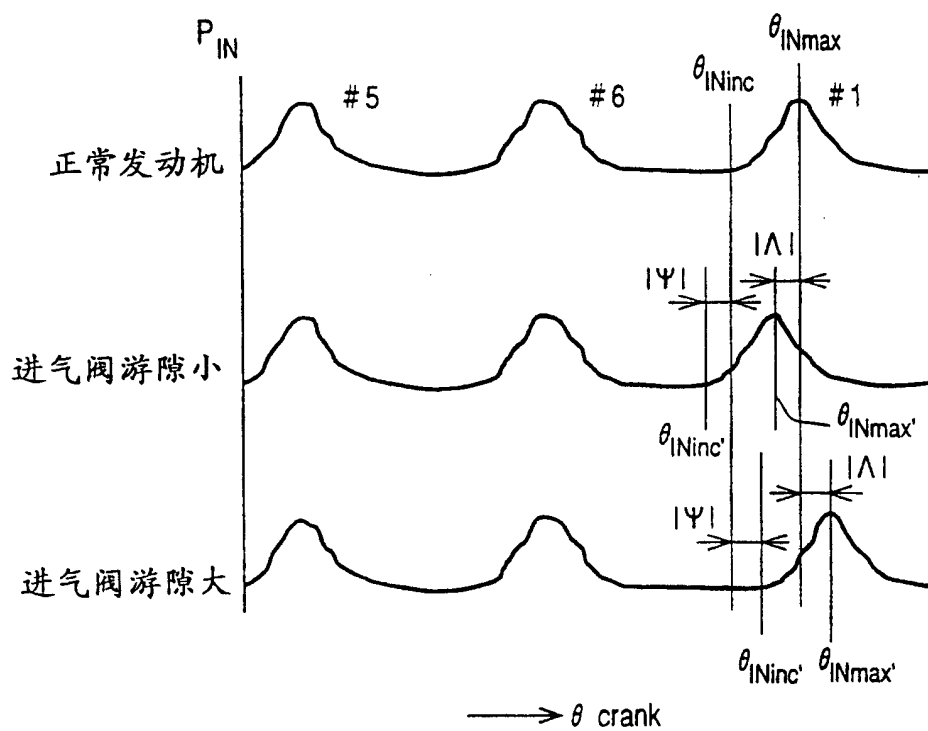


图 10

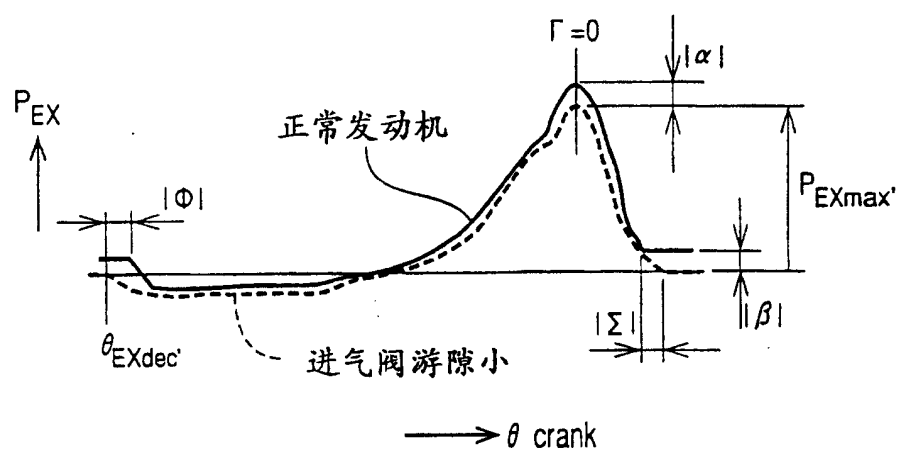


图 11

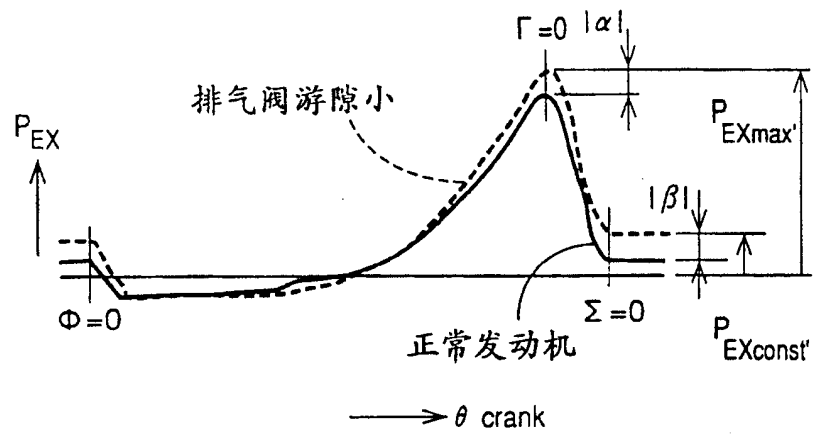


图 12

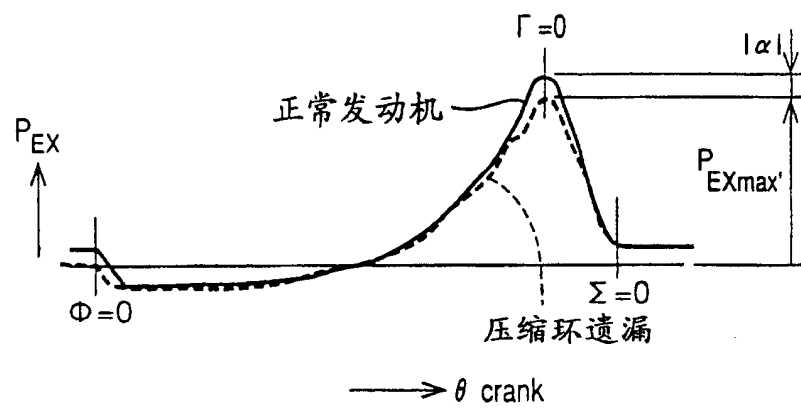


图 13

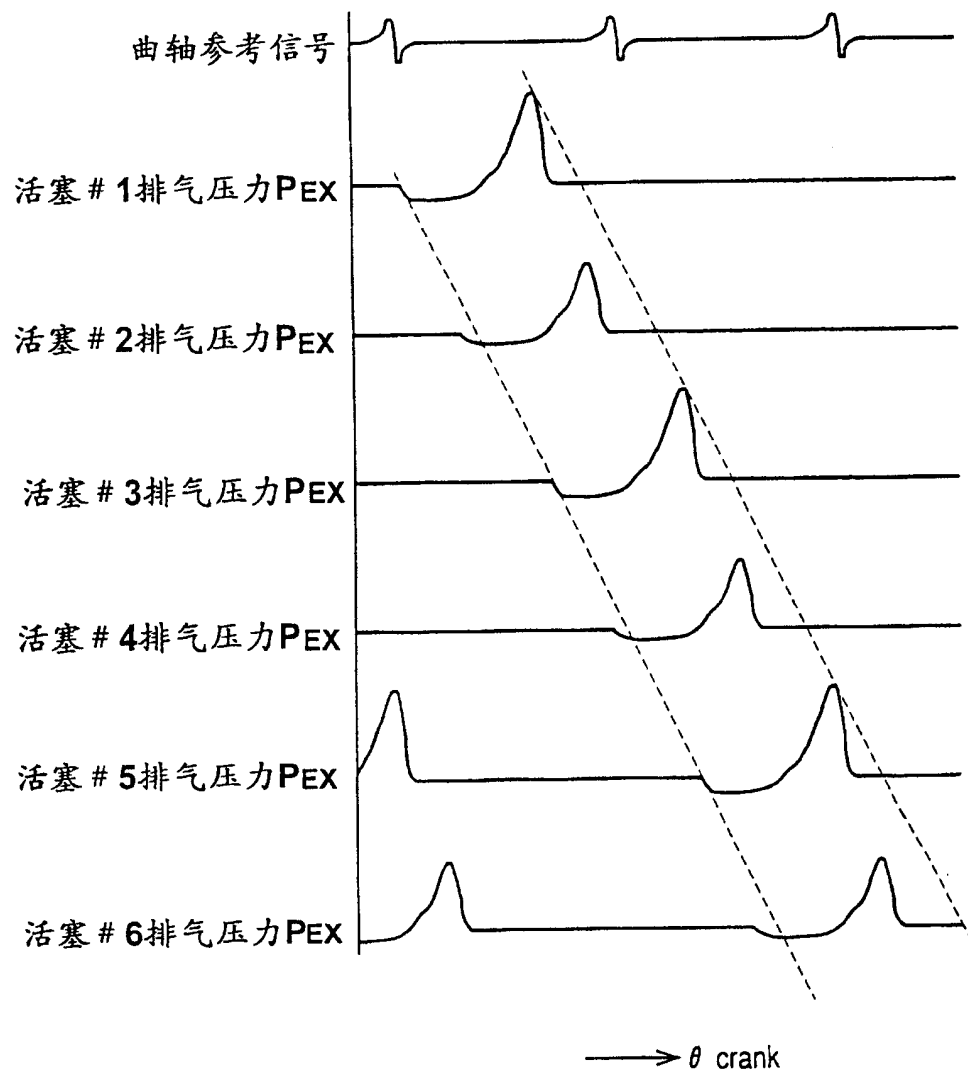


图 14

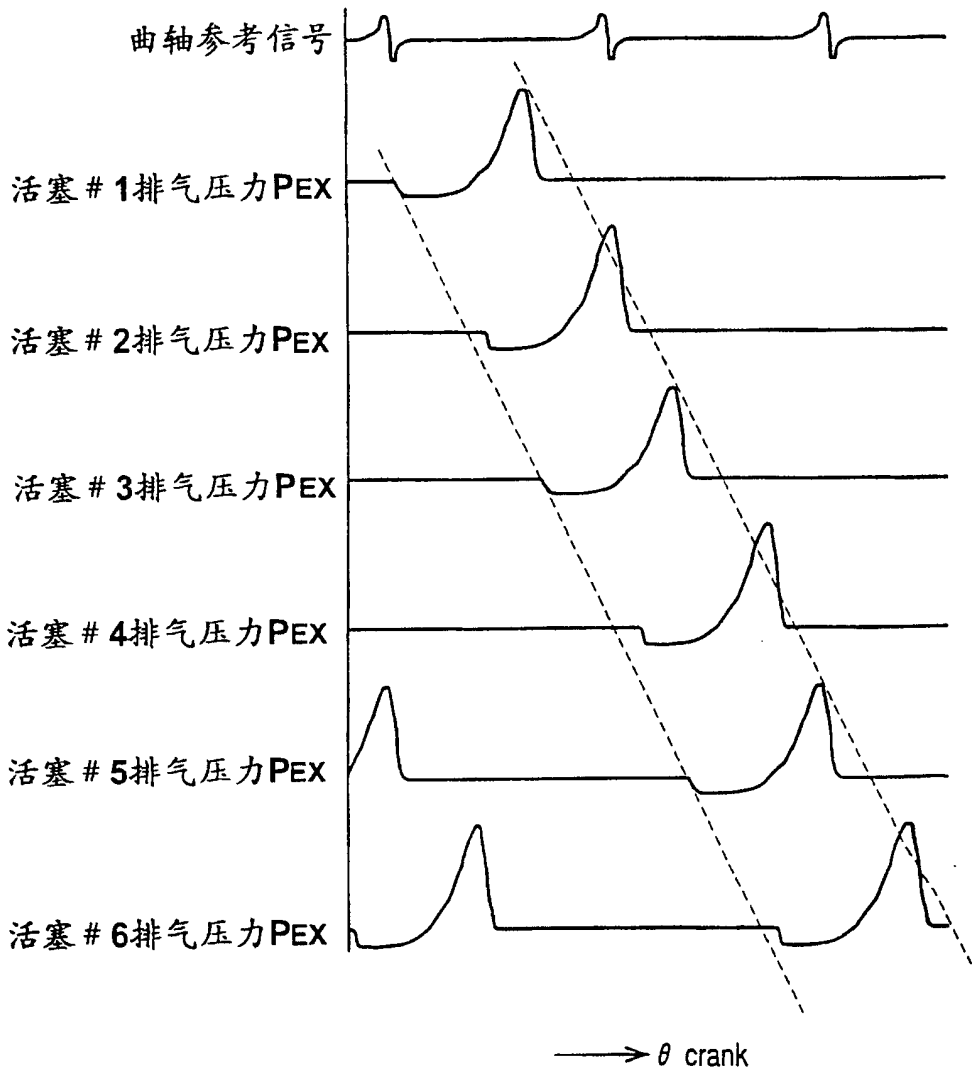


图 15

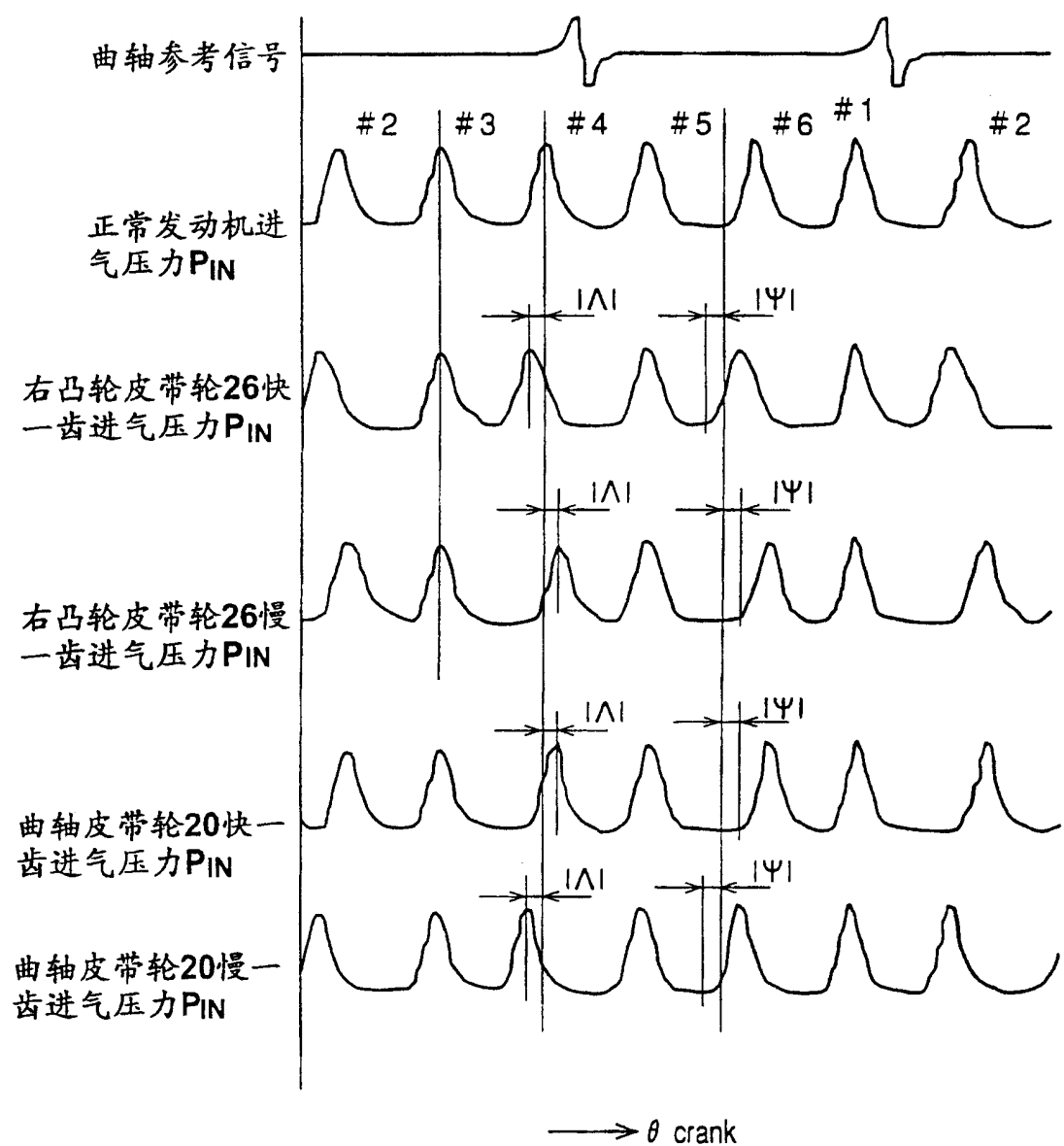


图 16

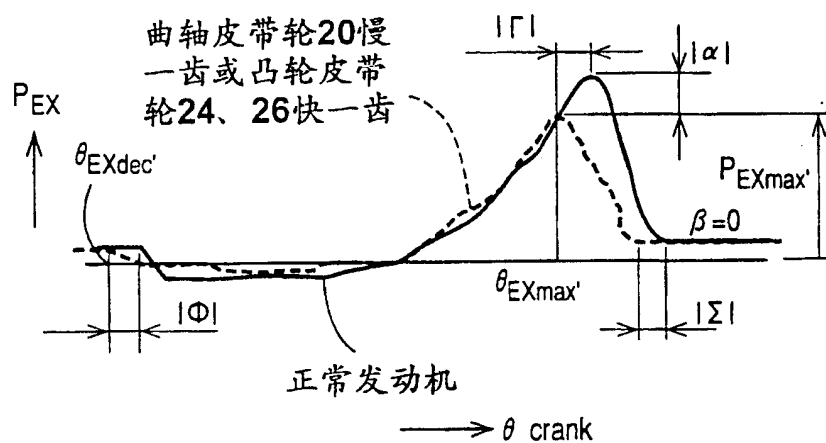


图 17

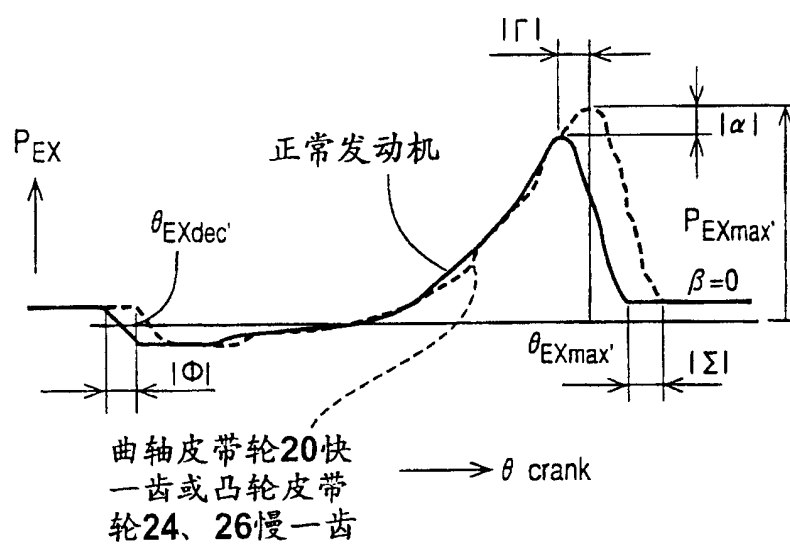


图 18

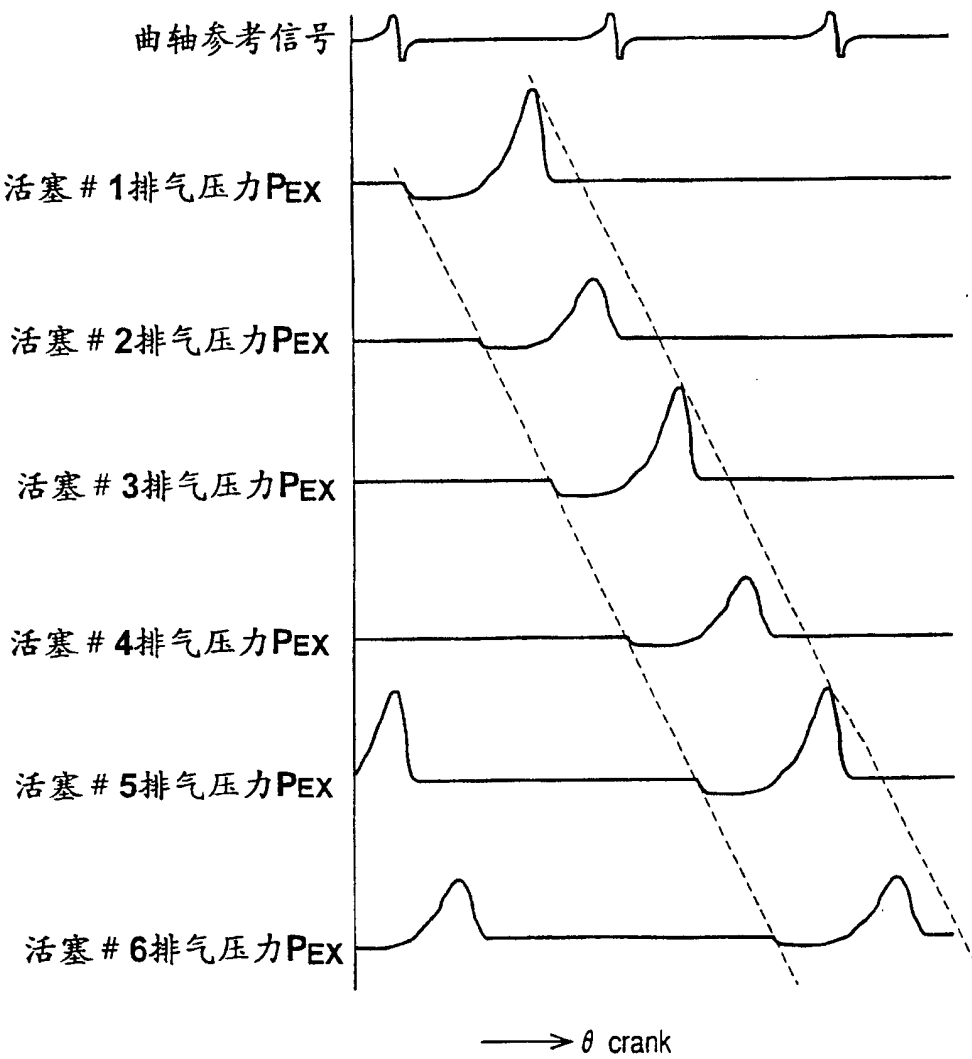


图 19

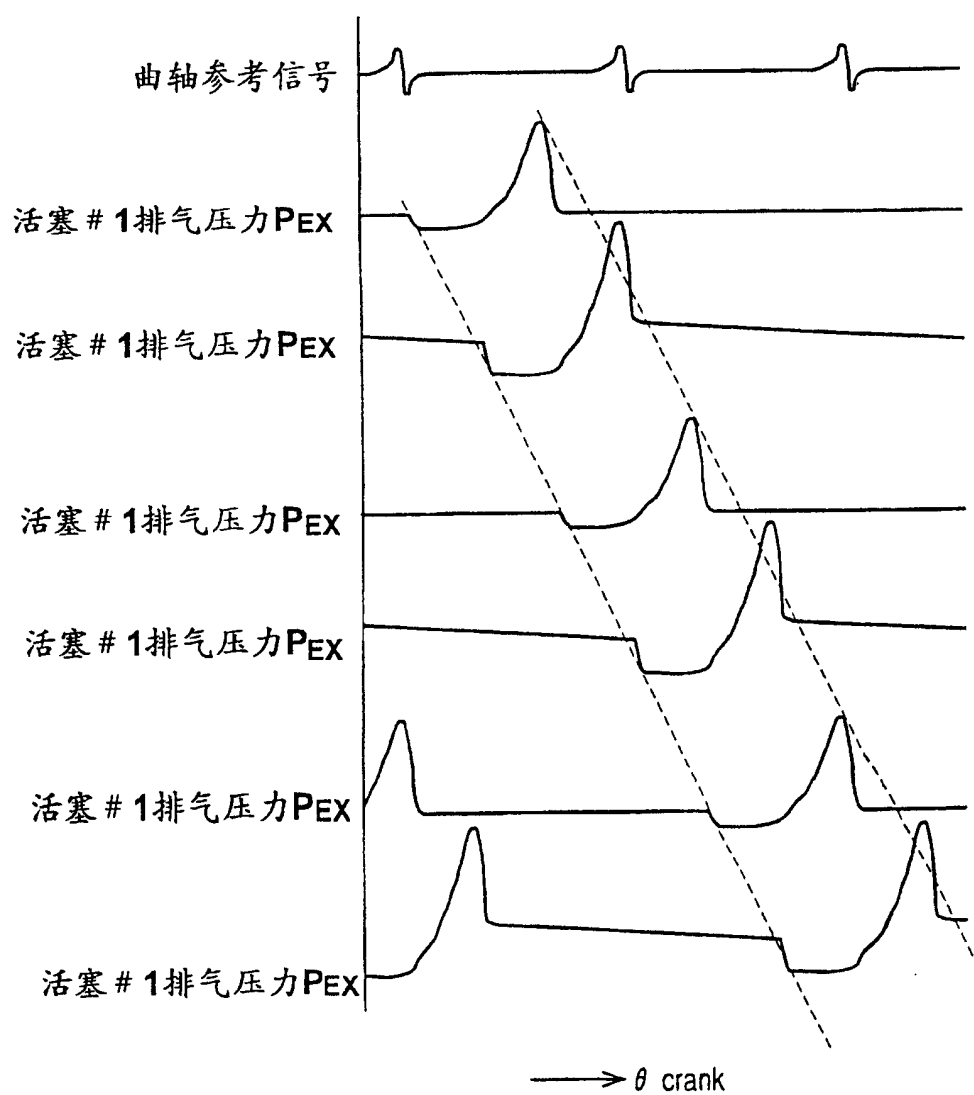


图 20

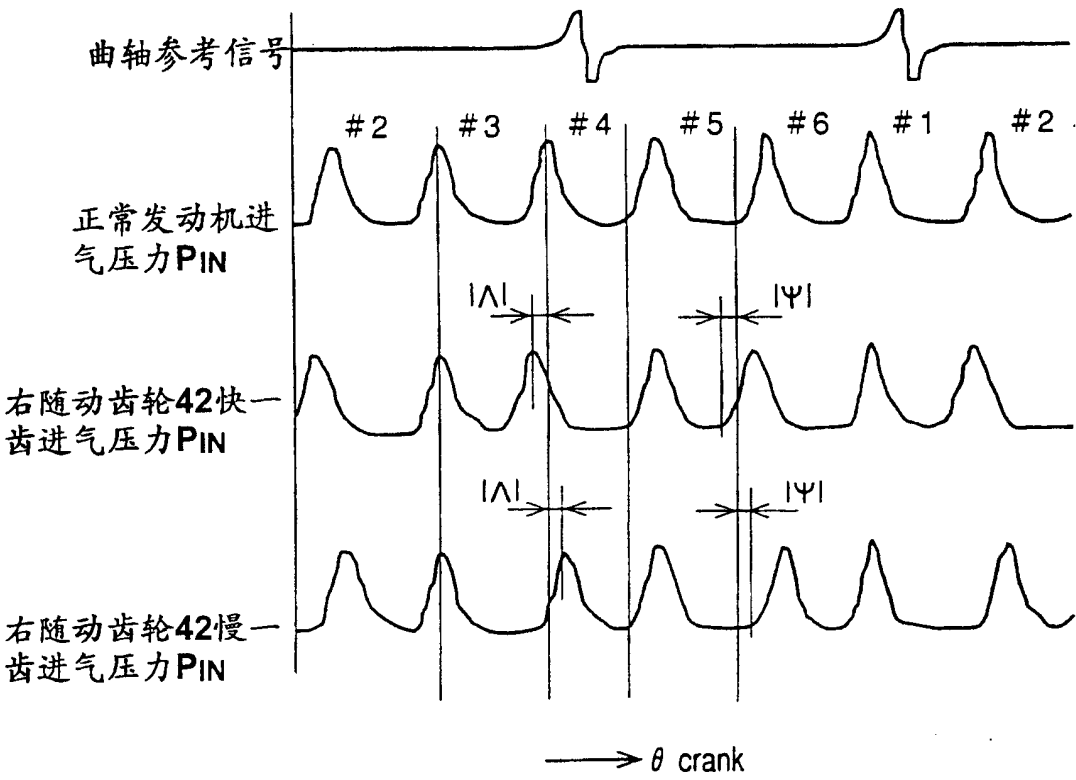


图 21

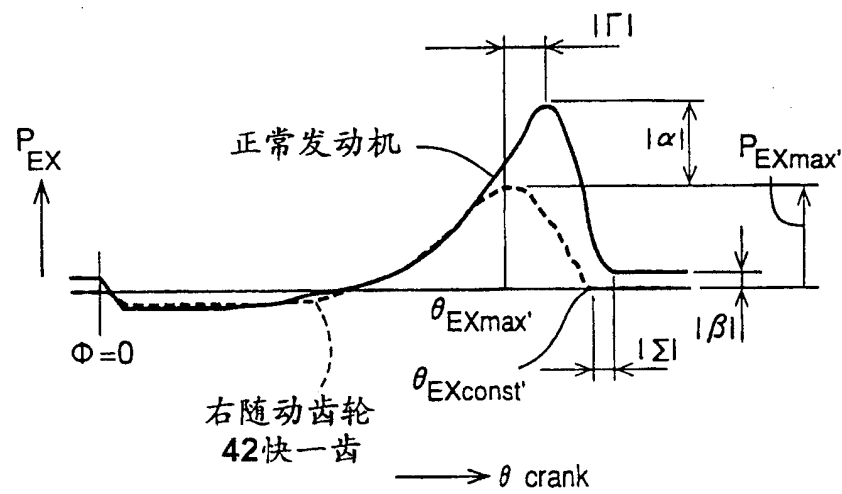


图 22

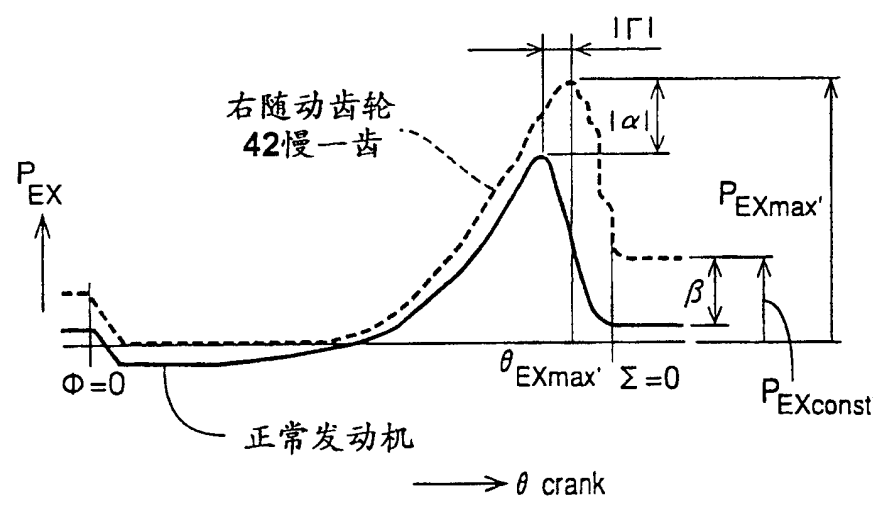


图 23

		α		β		Γ		Σ		Φ		Λ		Ψ	
		左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
曲轴 皮带20	机组														
	快一齿	17	17	0	0	15	15	15	15	15	15	14	14	15	15
	慢一齿	-17	-17	0	0	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-15	-15
	快一齿	-17	0	0	0	-15	0	-15	0	-15	0	-14	0	-15	0
凸轮 皮带24	慢一齿	17	0	0	0	15	0	15	0	15	0	14	0	15	0
	快一齿	0	-17	0	0	0	-15	0	-15	0	-15	0	-14	0	-15
	慢一齿	0	17	0	0	0	15	0	15	0	15	0	14	0	15
	快一齿	-42	0	-10	0	-18	0	-8.4	0	0	0	-17	0	-18	0
驱动 齿轮	慢一齿	42	0	36	0	18	0	0	0	0	0	17	0	18	0
	快一齿	0	-42	0	-10	0	-18	0	-8.4	0	0	0	-17	0	-18
	慢一齿	0	42	0	36	0	18	0	0	0	0	0	17	0	18
	快一齿	-47		-16		-6.4		0		0		-6		-6.4	
进气阀 游隙	小	18		20		5.4		0		0		5		5.4	
	大	-8		-10		0		6.4		-6.4		0		0	
	小	12		14		0		0		0		0		0	
	大	-10		-1		0		0		0		0		0	
压缩环道漏															

图 24

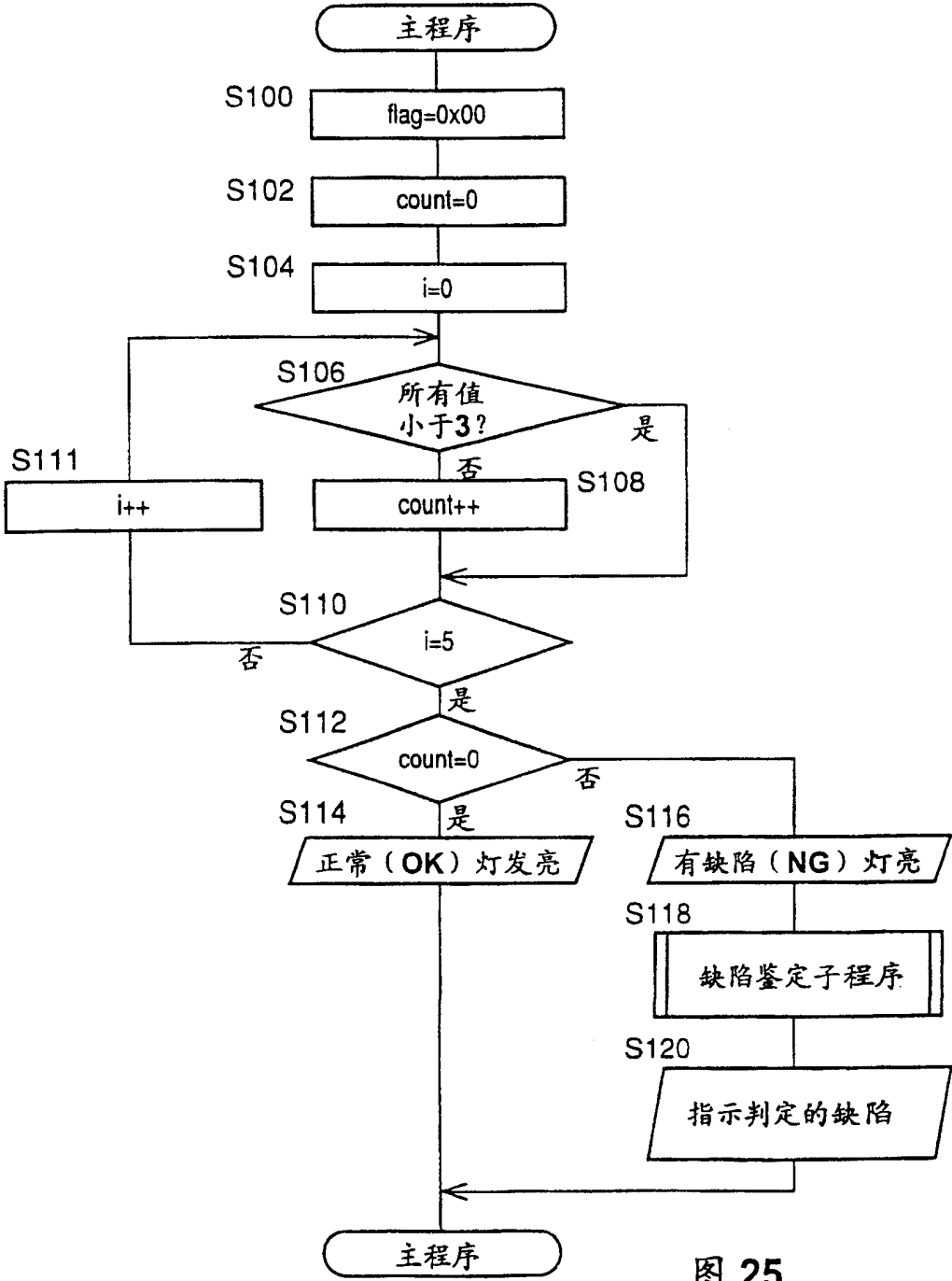


图 25

118

200 OK		202 NG						
		快	慢					
曲轴皮带轮20		~ 204					~ 206	
凸轮皮带轮	左24	~ 208					~ 210	
	右26	~ 212					~ 214	
随动齿轮	左40	~ 216					~ 218	
	右42	~ 220					~ 222	
活塞No		# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	
进气阀游隙	小							←~ 224
	大							←~ 226
排气阀游隙	小							←~ 228
	大							←~ 230
压缩环遗漏								←~ 232

图 26

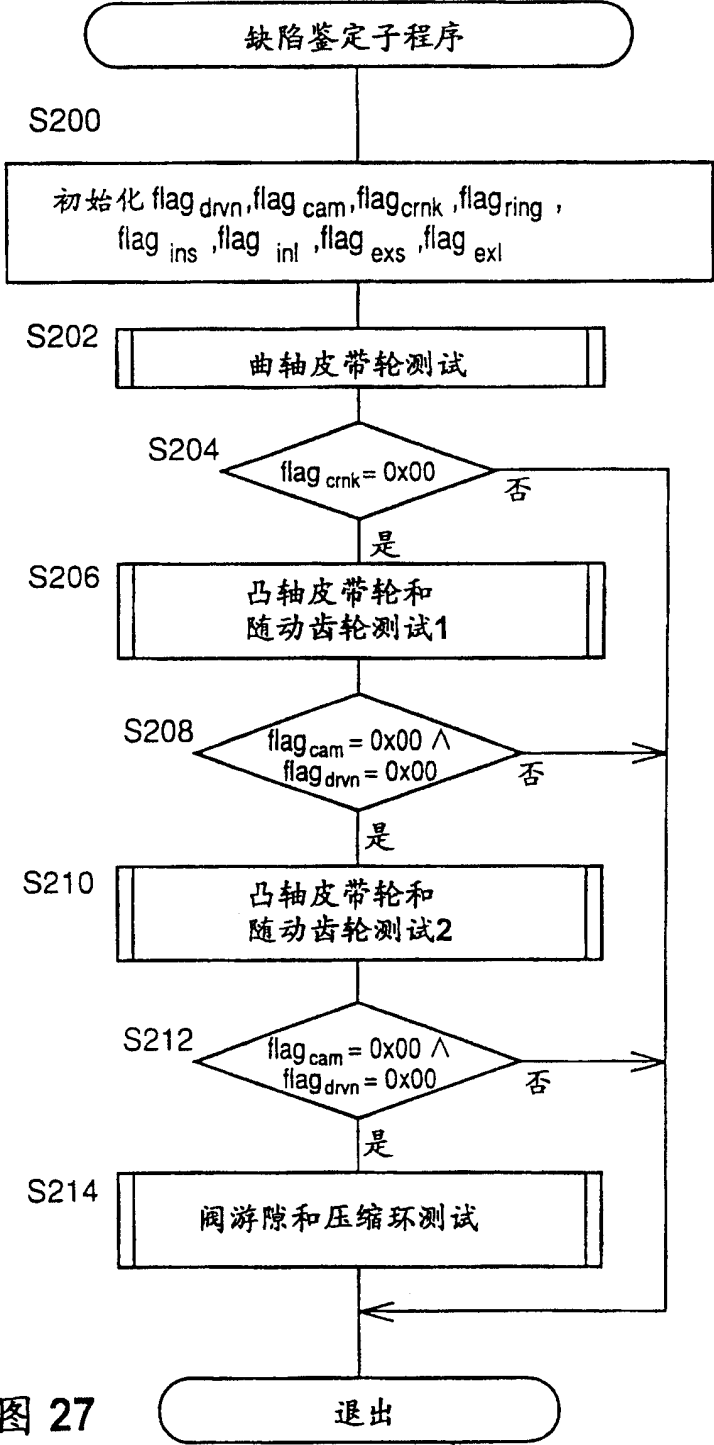


图 27

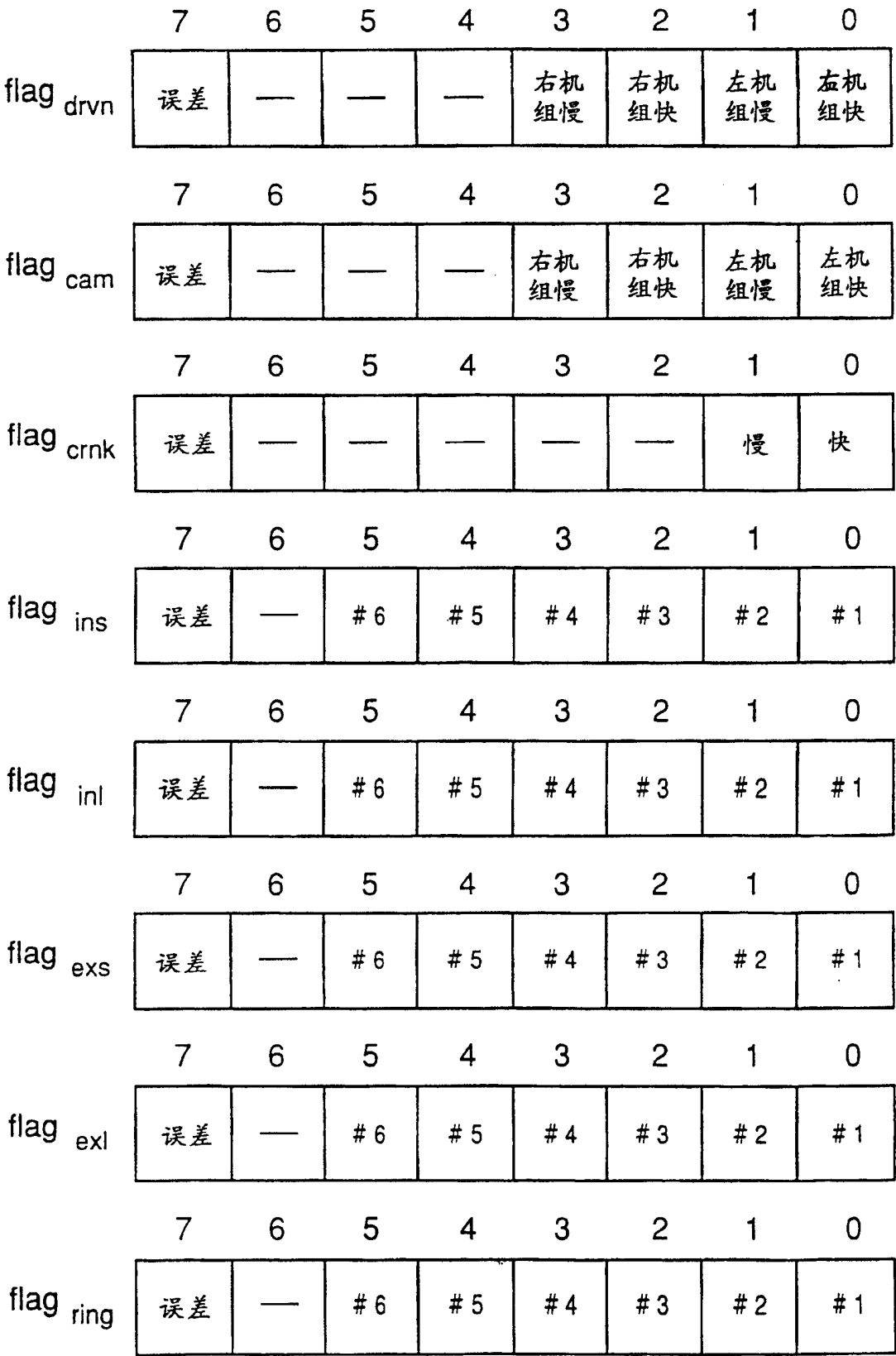


图 28

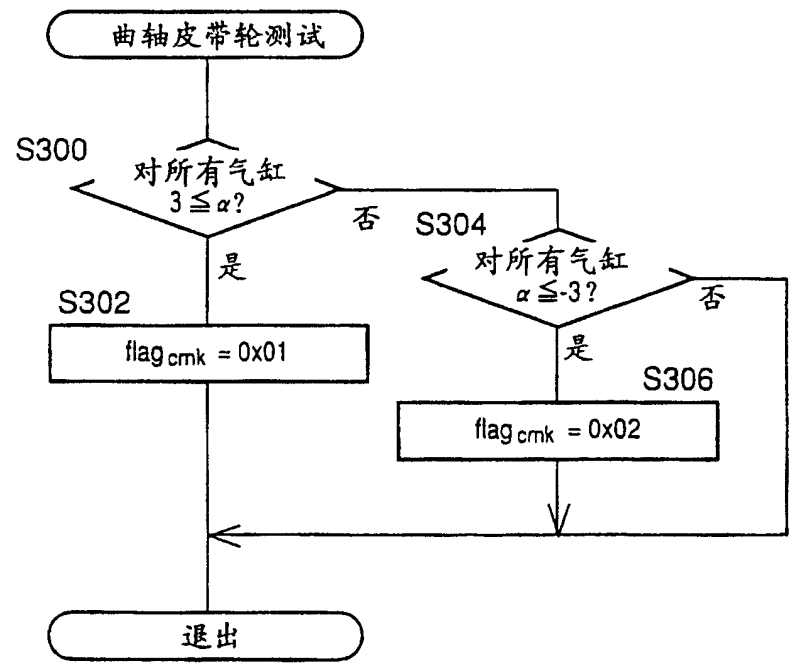


图 29

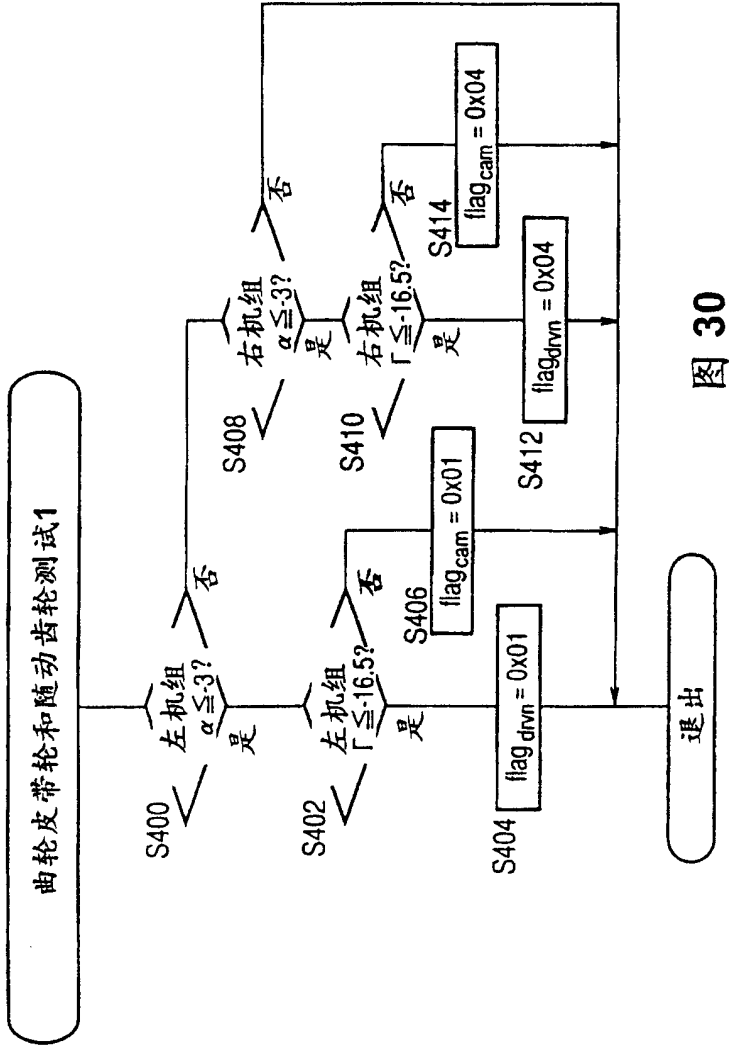


图 30

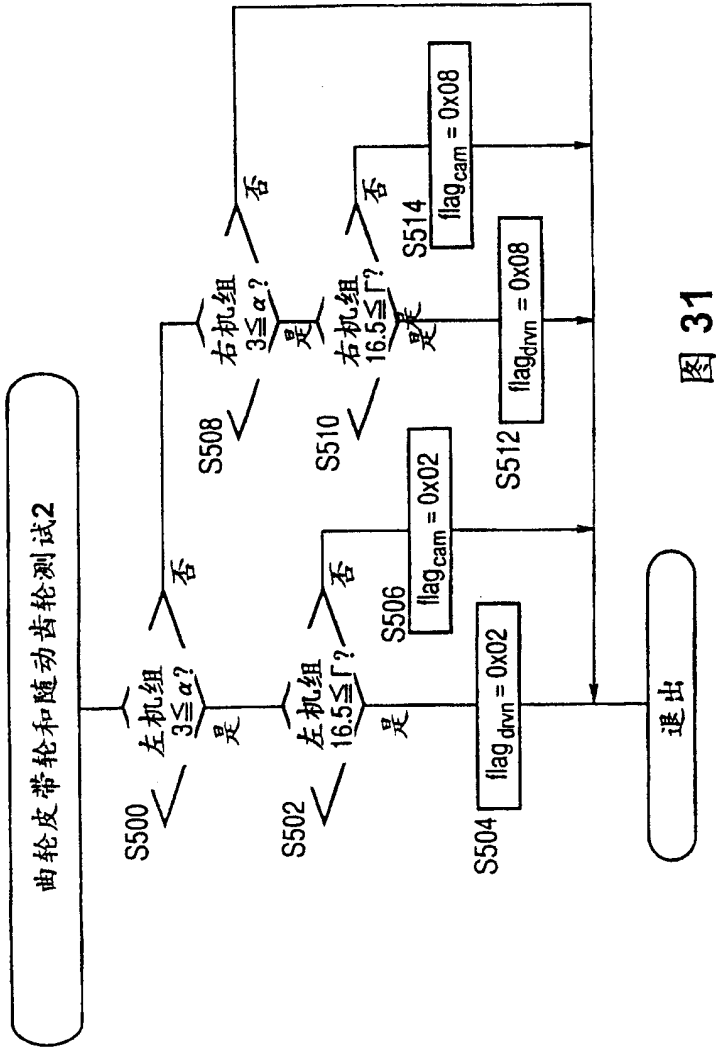


图 31

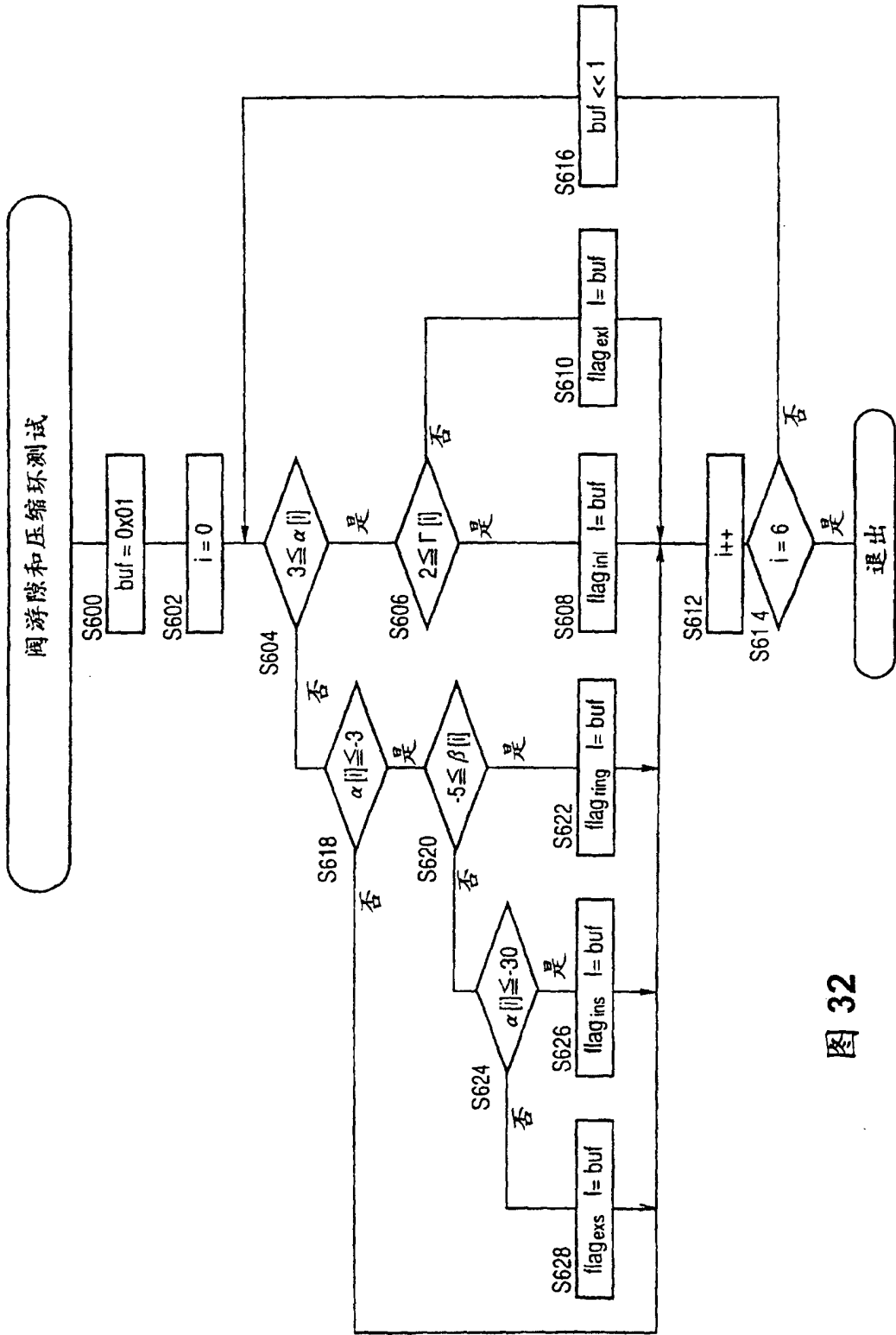


图 32

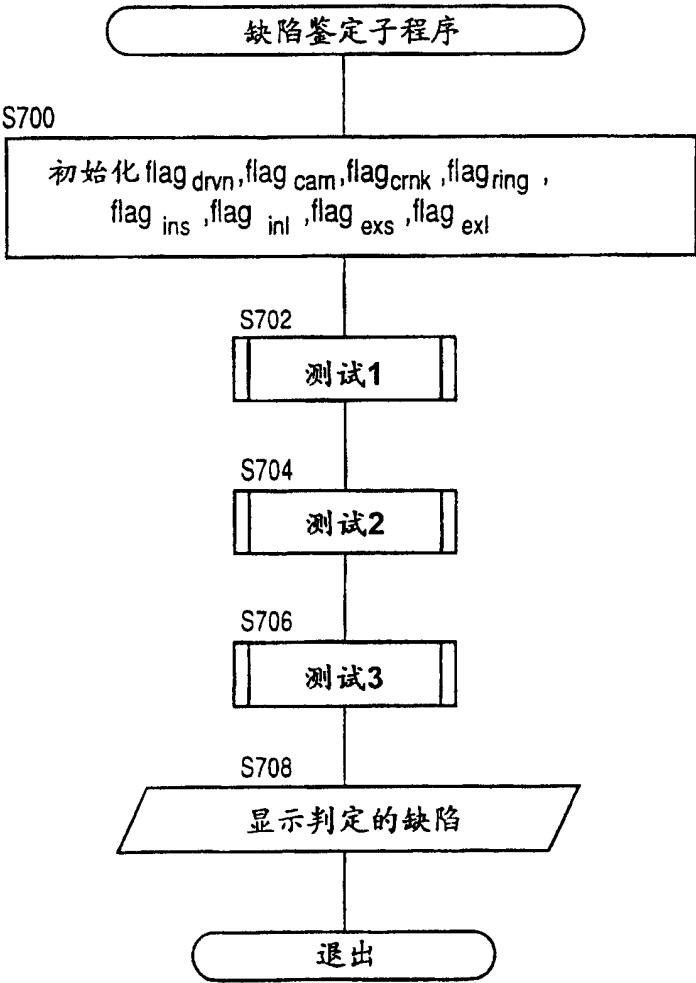


图 33

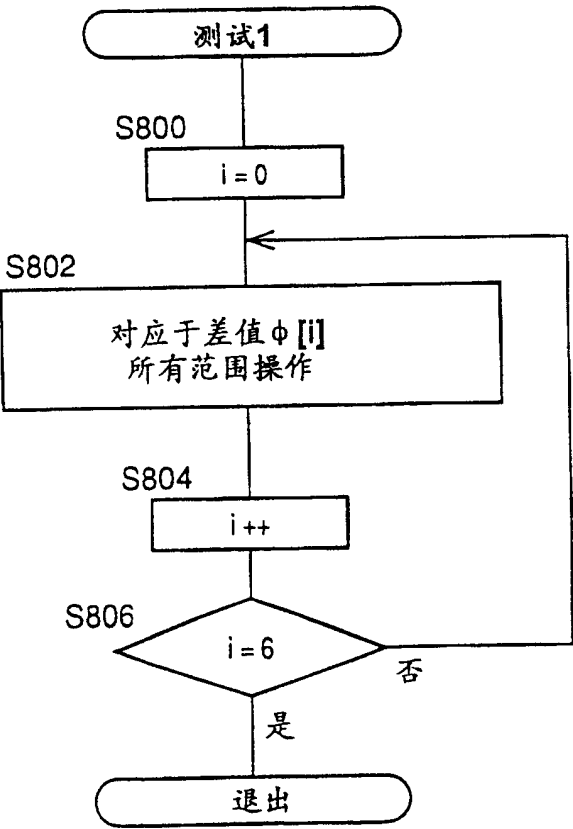
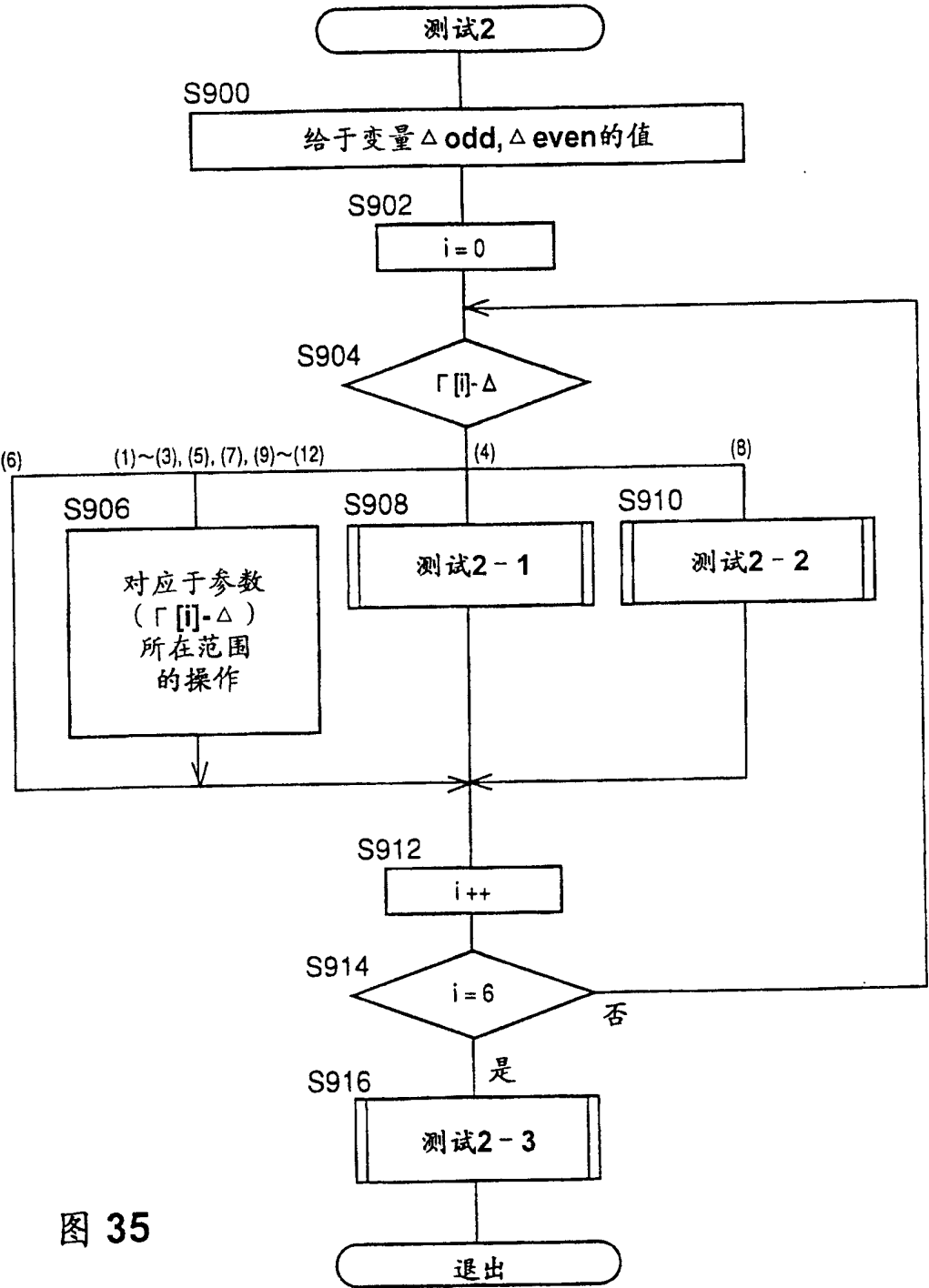


图 34



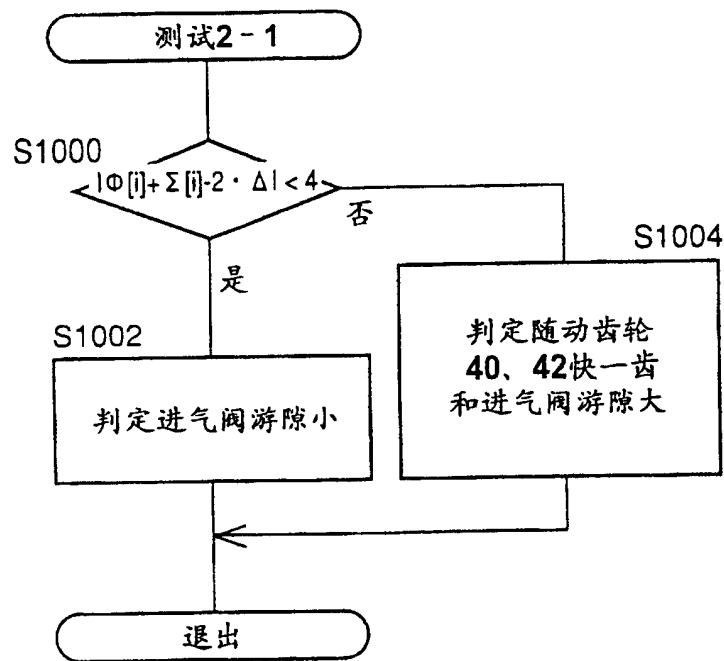


图 36

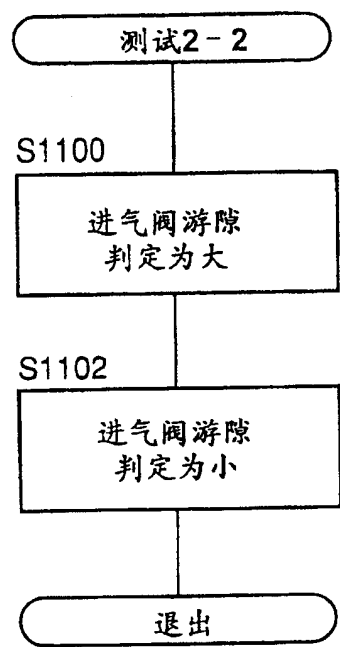


图 37

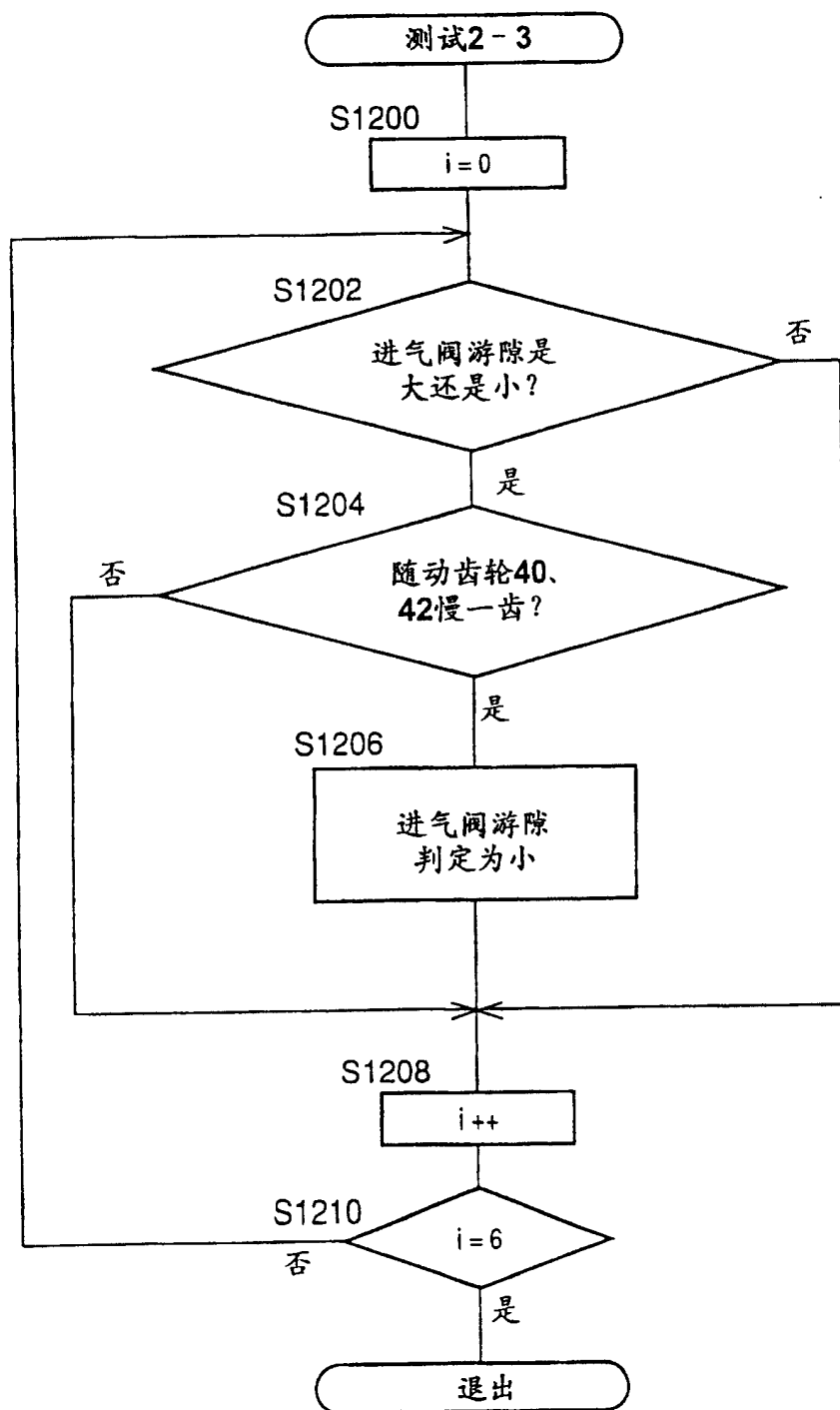


图 38

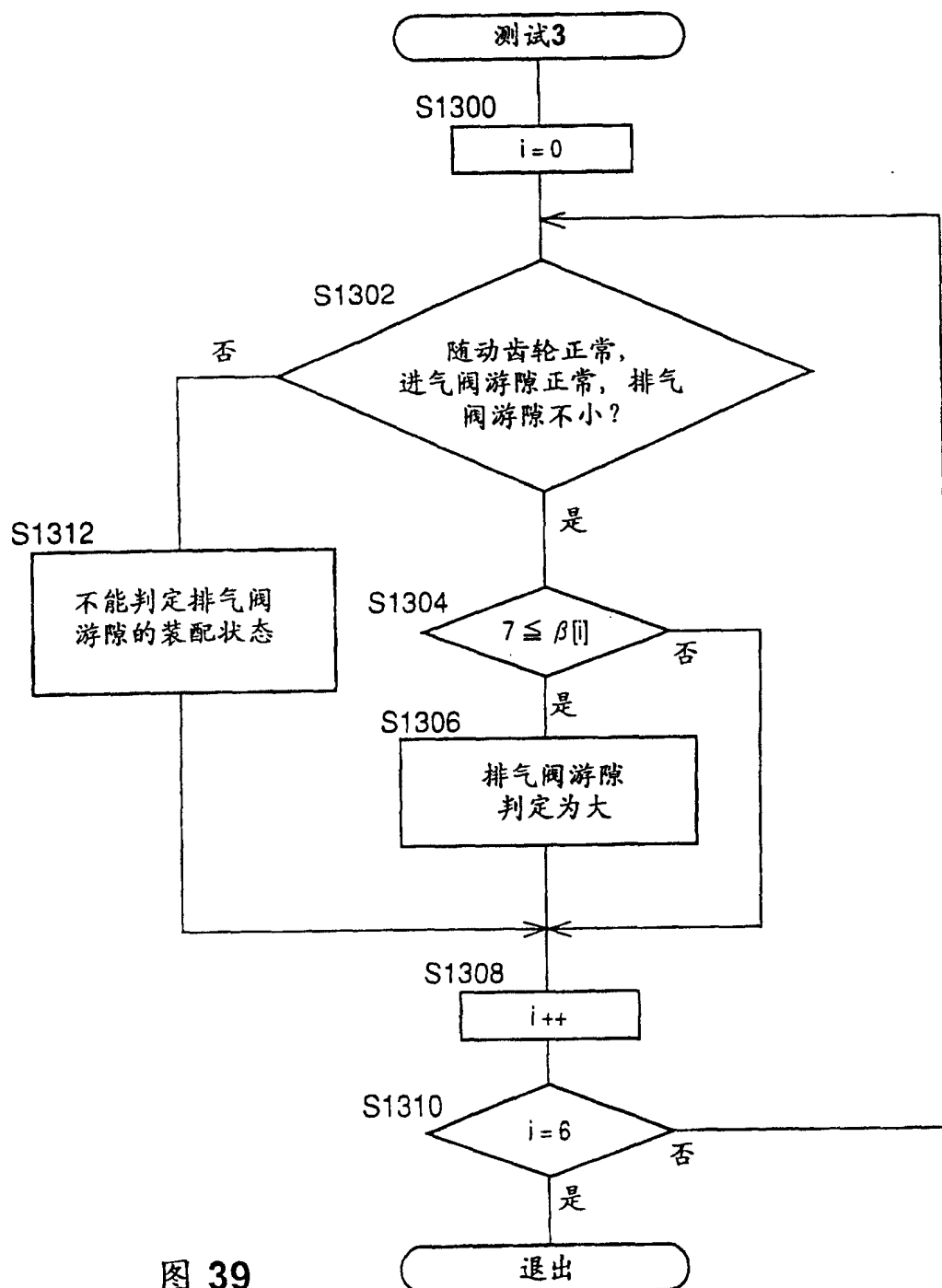


图 39

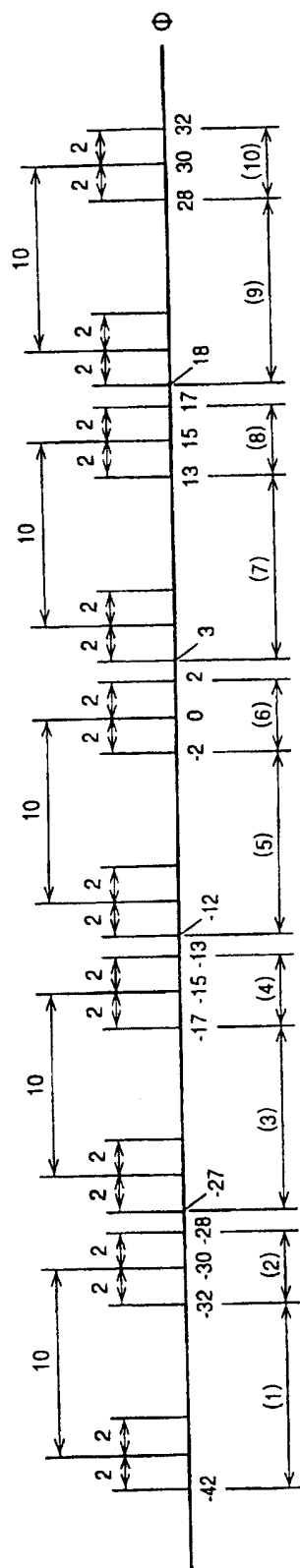
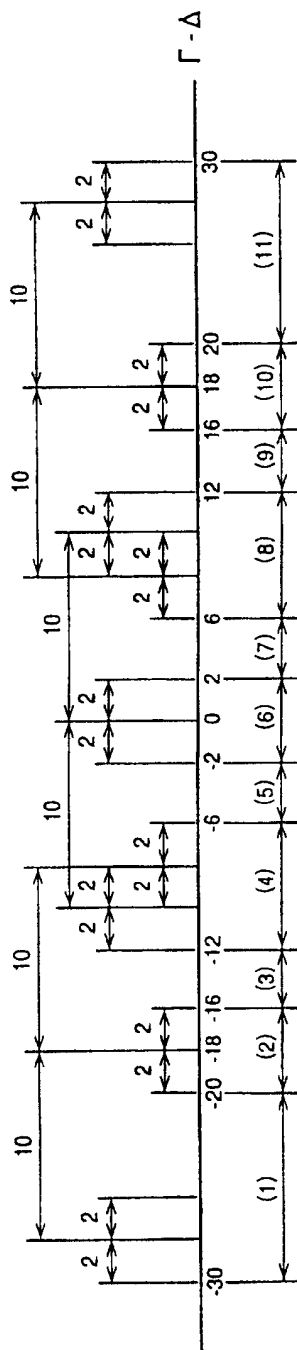


图 40



41

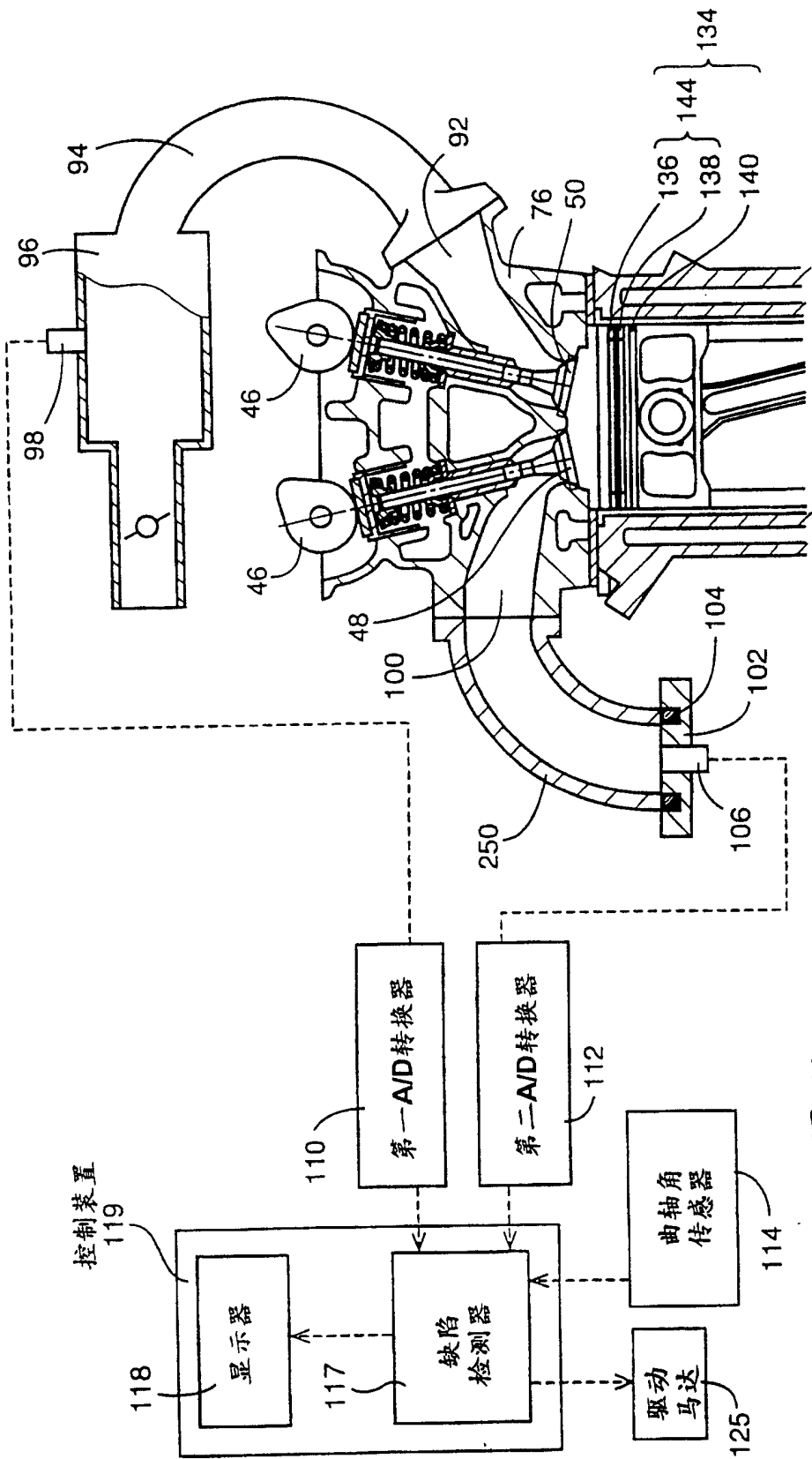


图 42

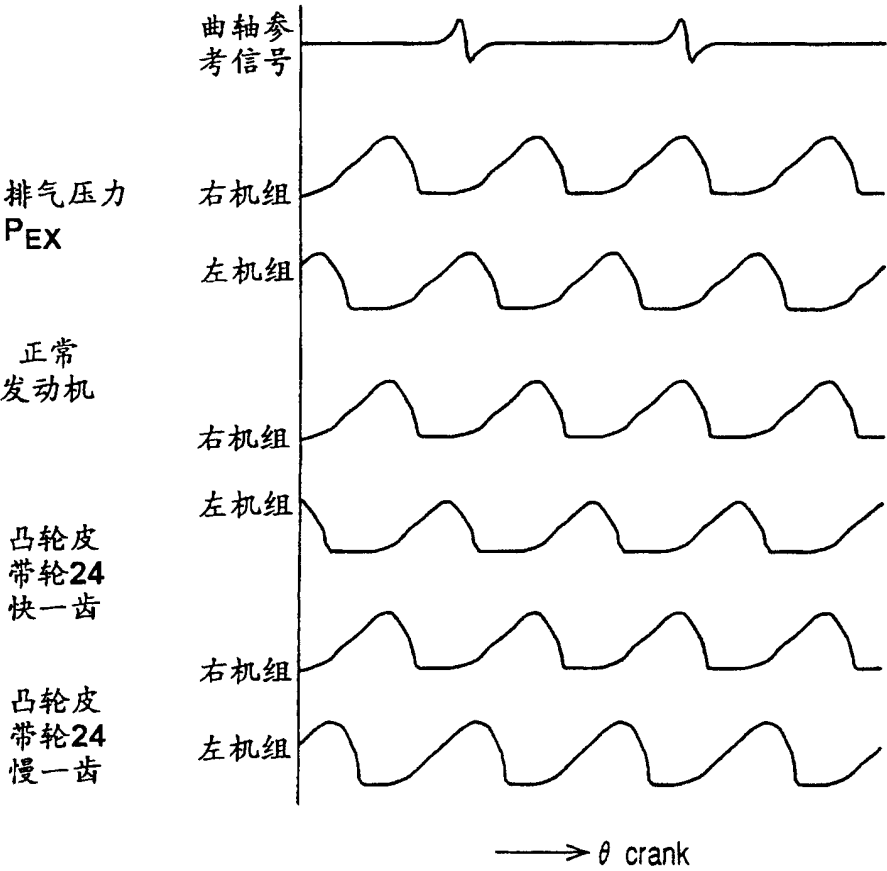


图 43

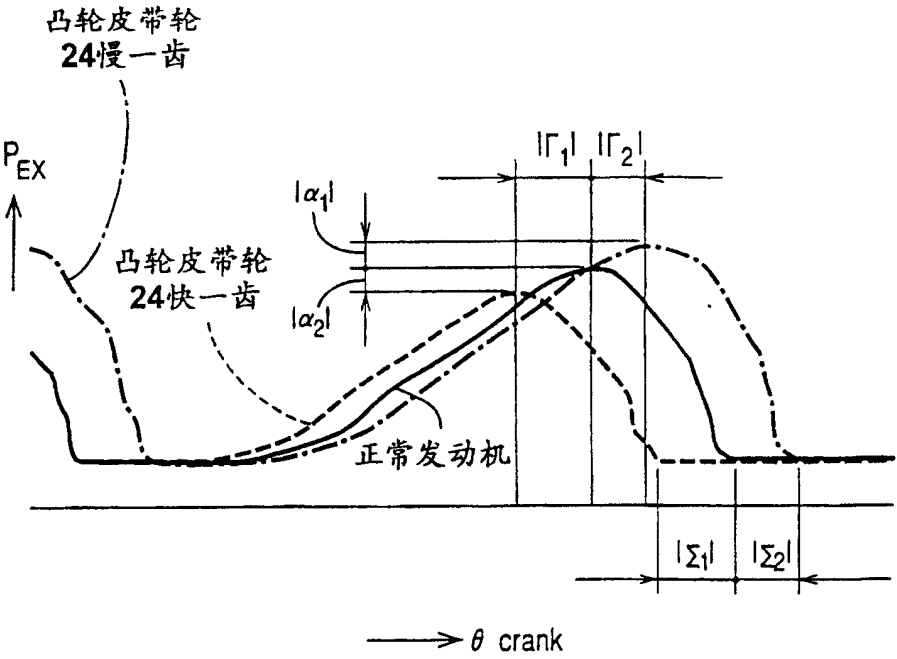


图 44

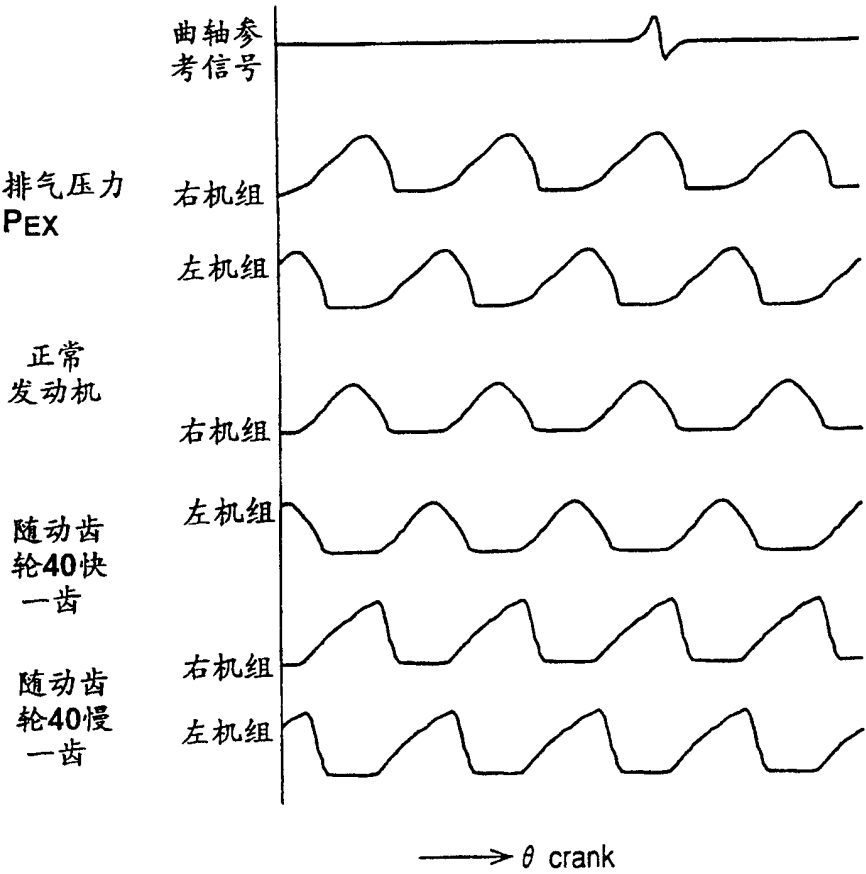


图 45

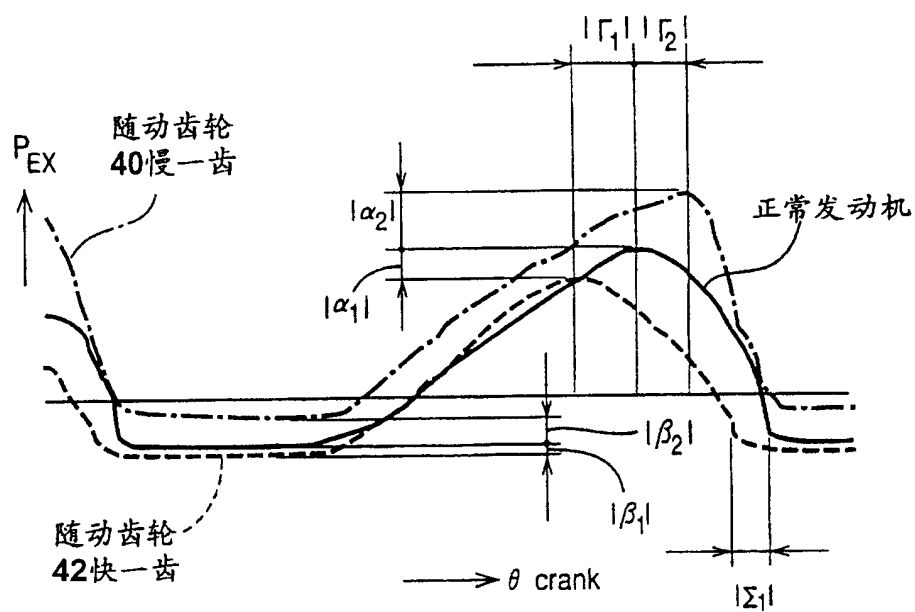


图 46

	凸轮皮带轮24		随动齿轮40	
	快（下标1）	慢（下标2）	快（下标1）	慢（下标2）
Γ	-15	15	-18	18
Σ	-15	15	-8.4	0
α	-9.66	9.66	-12.1	22.7
β	0	0	-3.3	10.6

图 47

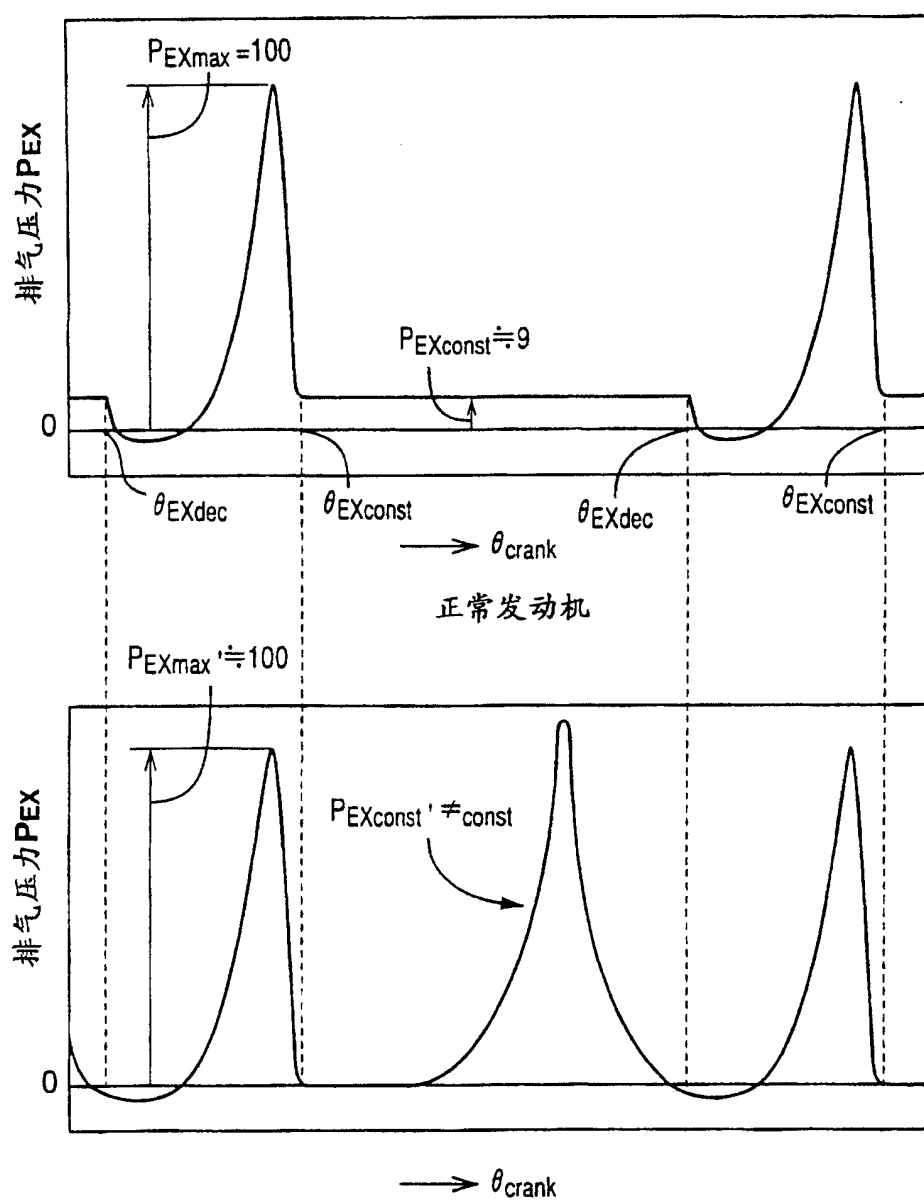
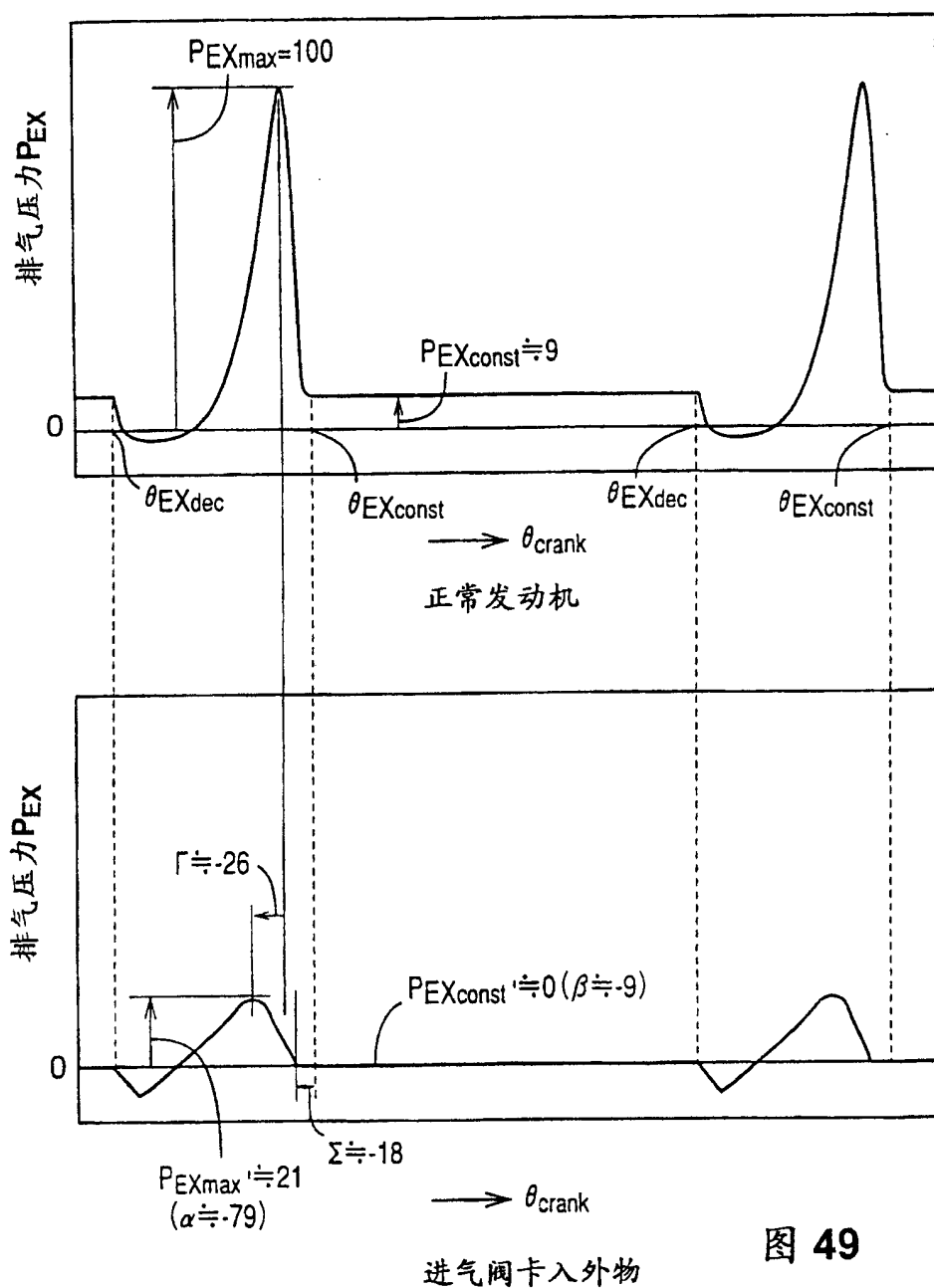


图 48



		α		β		Γ		Σ		Φ		Λ		Ψ	
		左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
曲轴皮 带轮20	机组														
	快一齿	17	17	0	0	15	15	15	15	15	15	14	14	15	15
	慢一齿	-17	-17	0	0	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-15	-15
凸轮 皮带轮	左 24	-17	0	0	0	-15	0	-15	0	-15	0	-14	0	-15	0
	慢一齿	17	0	0	0	15	0	15	0	15	0	14	0	15	0
	快一齿	0	-17	0	0	0	-15	0	-15	0	-15	0	-14	0	-15
	慢一齿	0	17	0	0	0	15	0	15	0	15	0	14	0	15
随动 齿轮	左 40	-42	0	-10	0	-18	0	-84	0	0	0	-17	0	-18	0
	慢一齿	42	0	36	0	18	0	0	0	0	0	17	0	18	0
	快一齿	0	-42	0	-10	0	-18	0	-84	0	0	0	-17	0	-18
	慢一齿	0	42	0	36	0	18	0	0	0	0	0	17	0	18
卡入外物	击气阀	-79		-9		-26		-18		0		—		—	
	排气阀	0		-9~110		0		0		0		—		—	
进气阀游隙	小	-47		-16		-6.4		0		0		-6		-6.4	
	大	18		20		5.4		0		0		5		5.4	
排气阀游隙	小	-8		-10		0		6.4		-6.4		0		0	
	大	12		14		0		0		0		0		0	
压缩环泄漏		-10		-1		0		0		0		0		0	

图 50

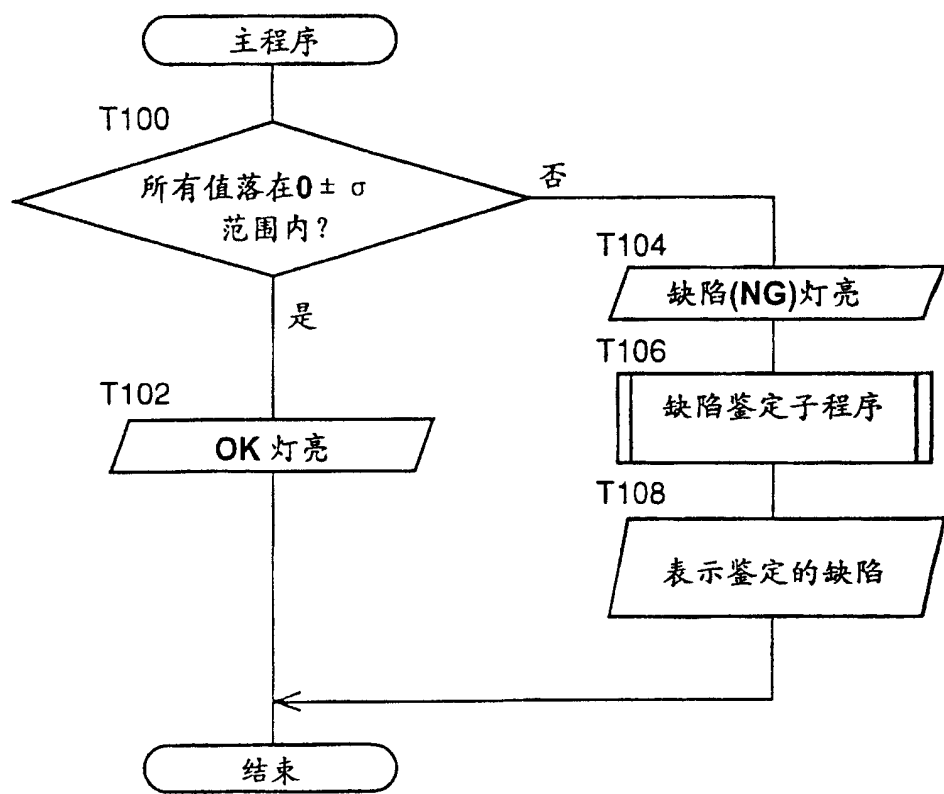


图 51

200		202							118
OK		NG							
		快			慢				
曲轴皮带轮20					~204				~206
曲轮皮带轮	左 24				~208				~210
	右 26				~212				~214
随动齿轮	左 40				~216				~218
	右 42				~220				~222
活塞 No		#1	#2	#3	#4	#5	#6		
进气阀卡入外物								← 332	
排气阀卡入外物								← 334	
进气阀游隙	小							← 224	
	大							← 226	
排气阀游隙	小							← 228	
	大							← 230	
压缩环遗漏								← 232	

图 52

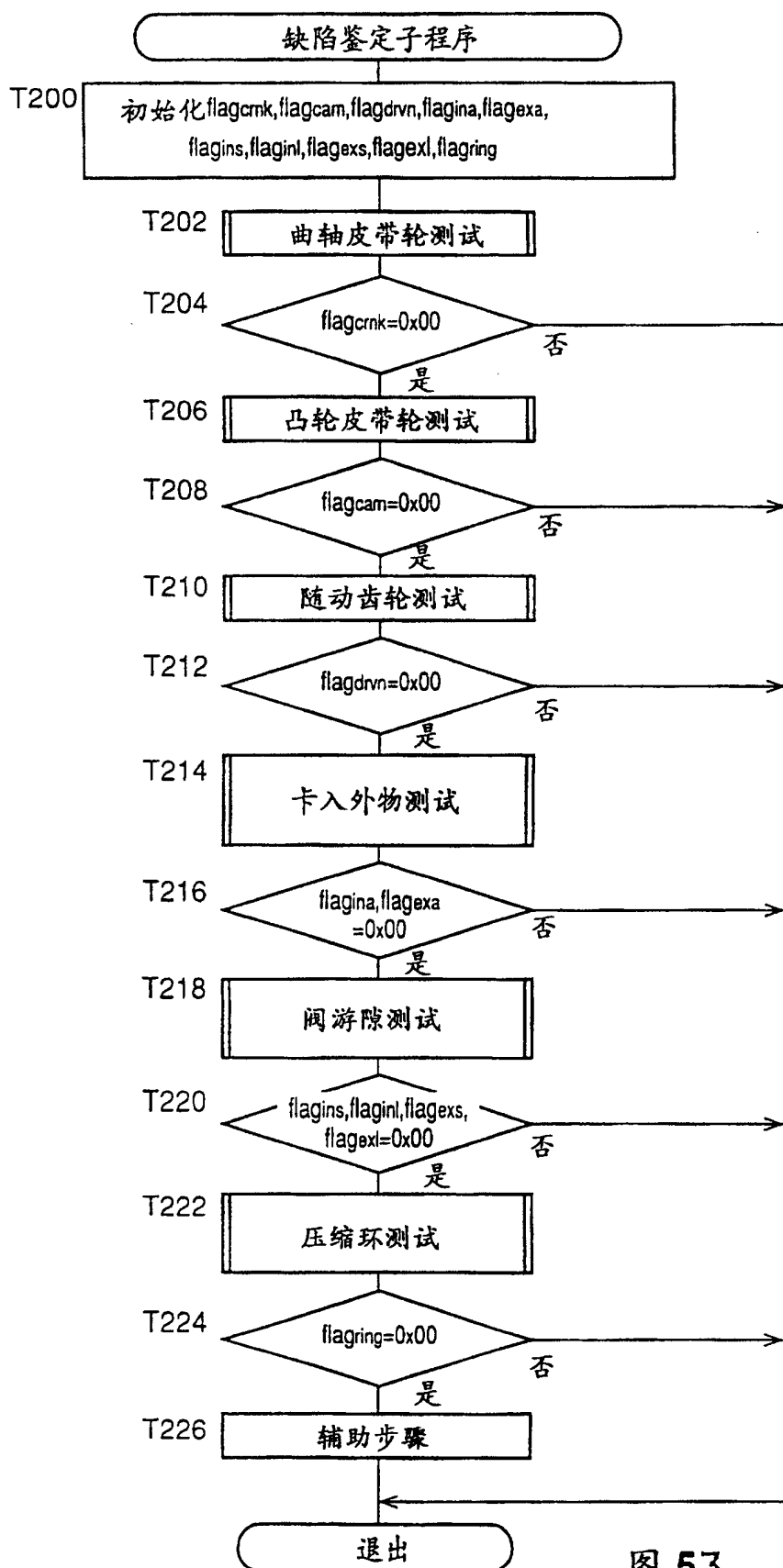


图 53

	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{drvn}	误差	—	—	—	右机 组慢	右机 组快	左机 组慢	左机 组快
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{cam}	误差	—	—	—	右机 组慢	右机 组快	左机 组慢	左机 组快
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{crnk}	误差	—	—	—	—	—	慢	快
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{ina}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{exa}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{ins}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{inl}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{exs}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{exl}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1
	7	6	5	4	3	2	1	0
flag _{ring}	误差	—	#6	#5	#4	#3	#2	#1

图 54

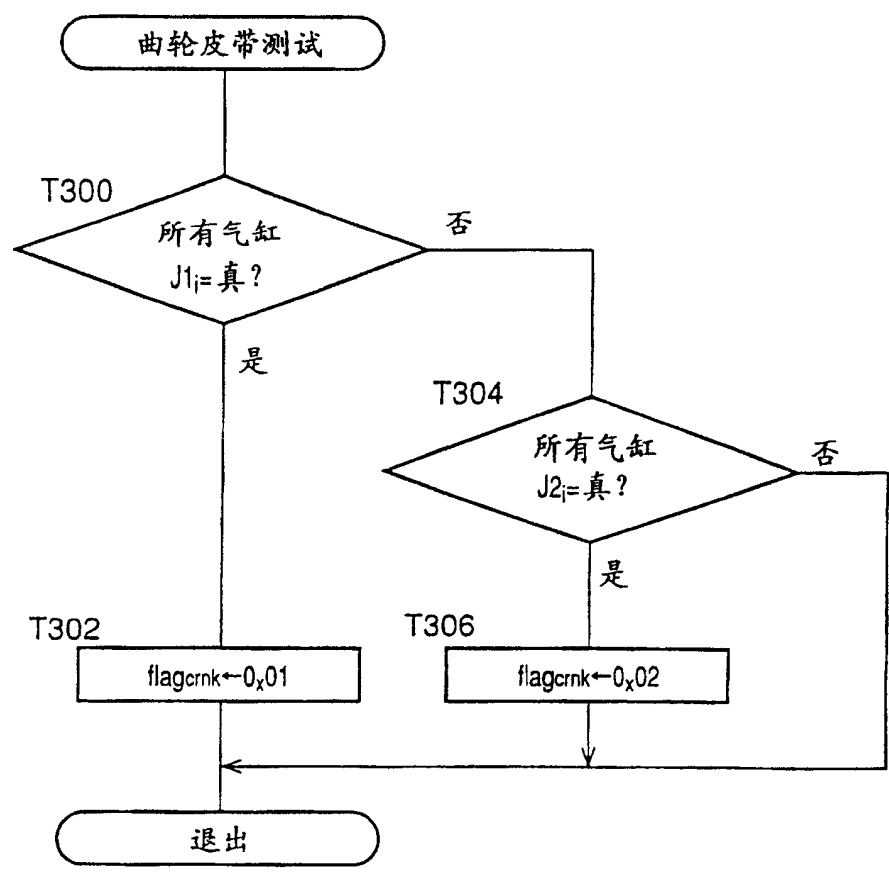


图 55

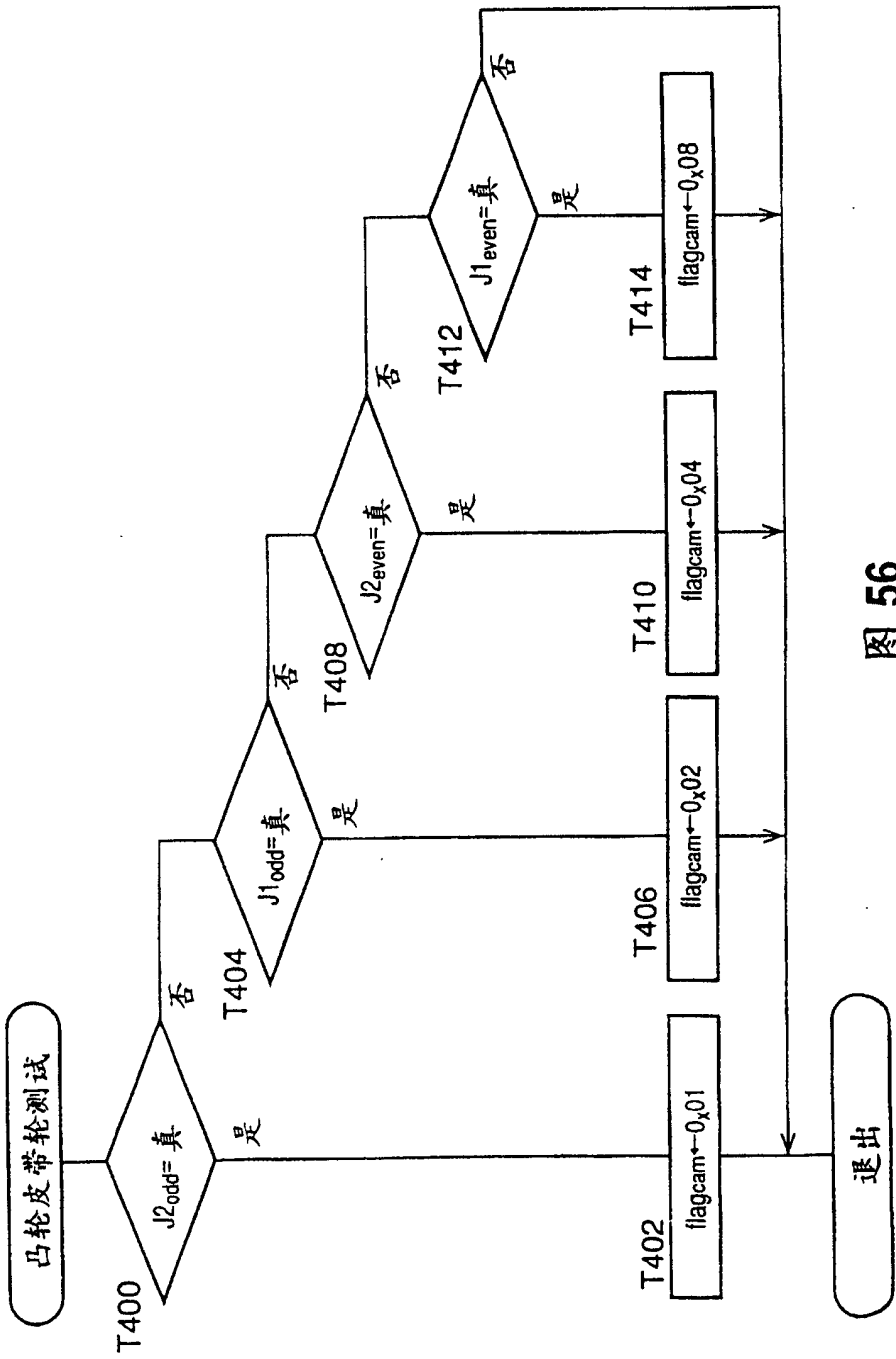


图 56

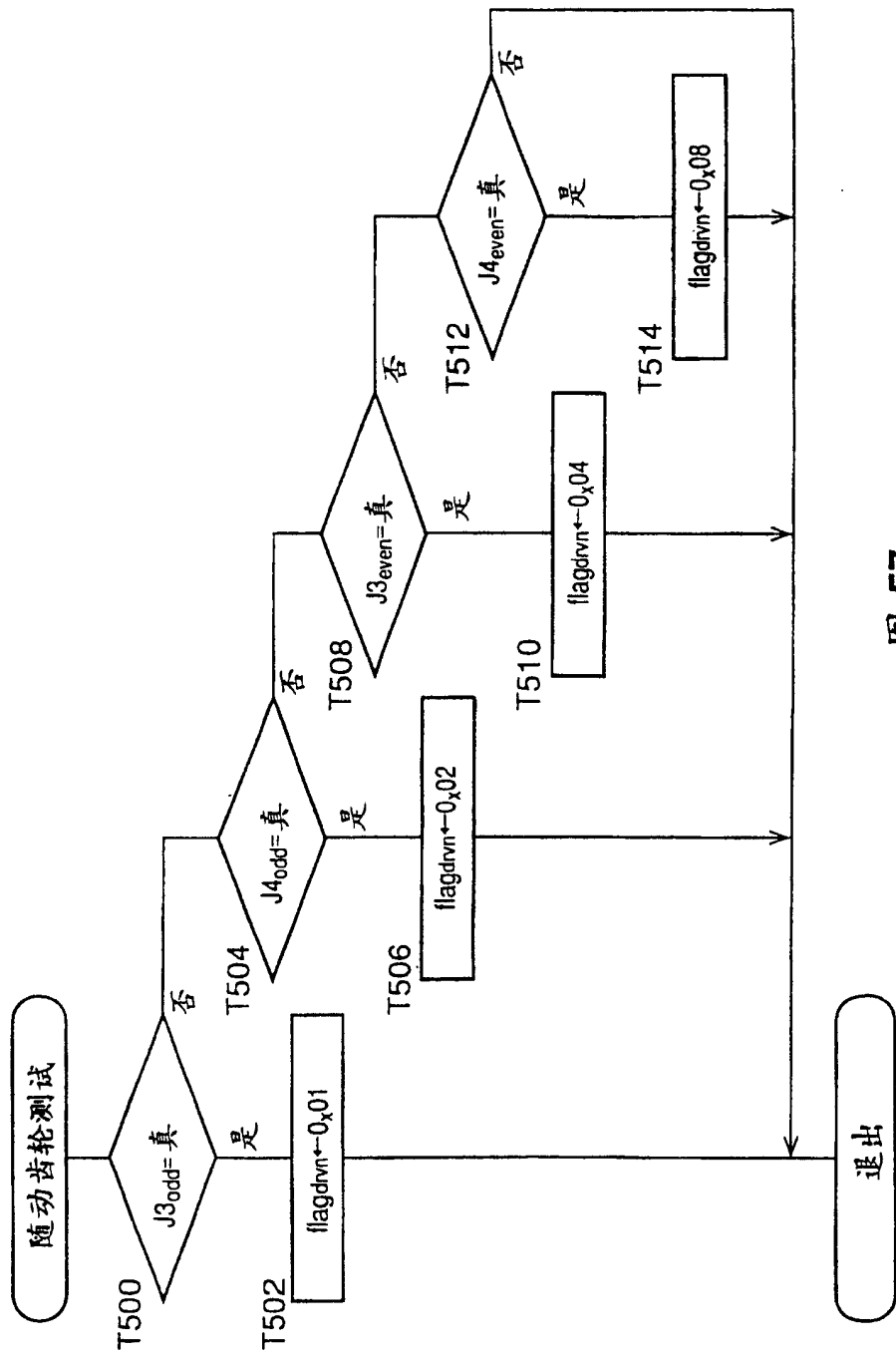


图 57

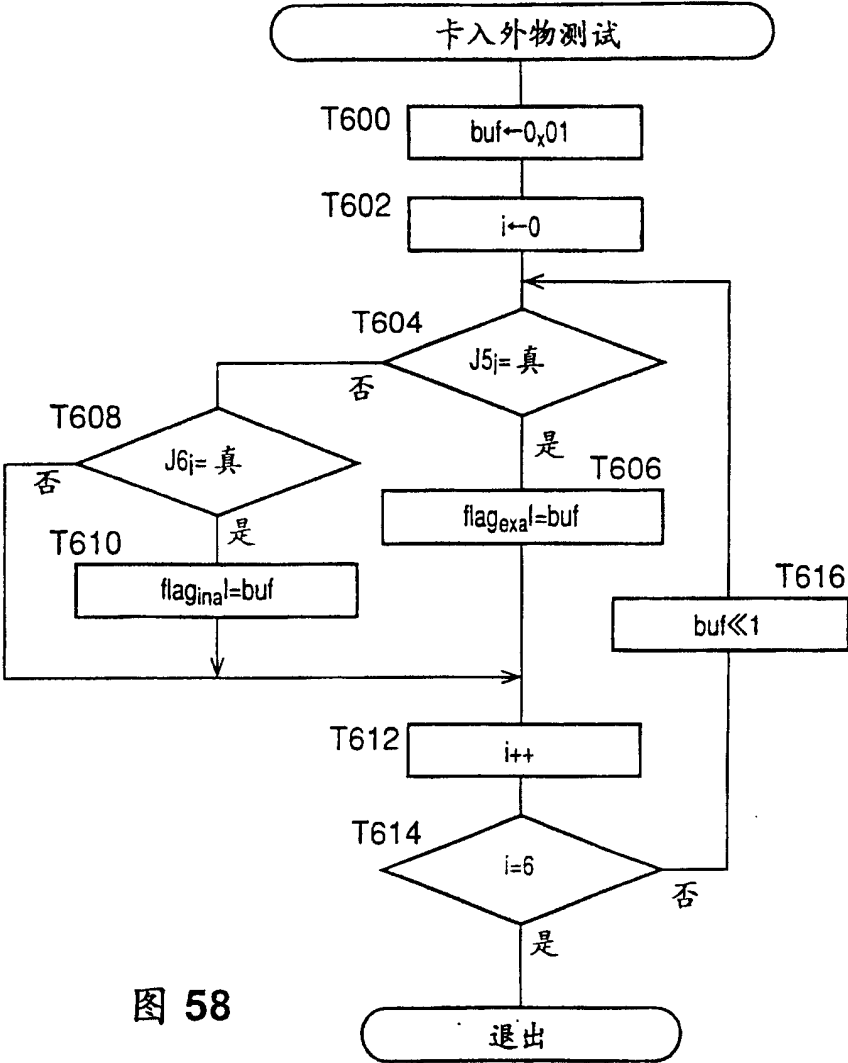


图 58

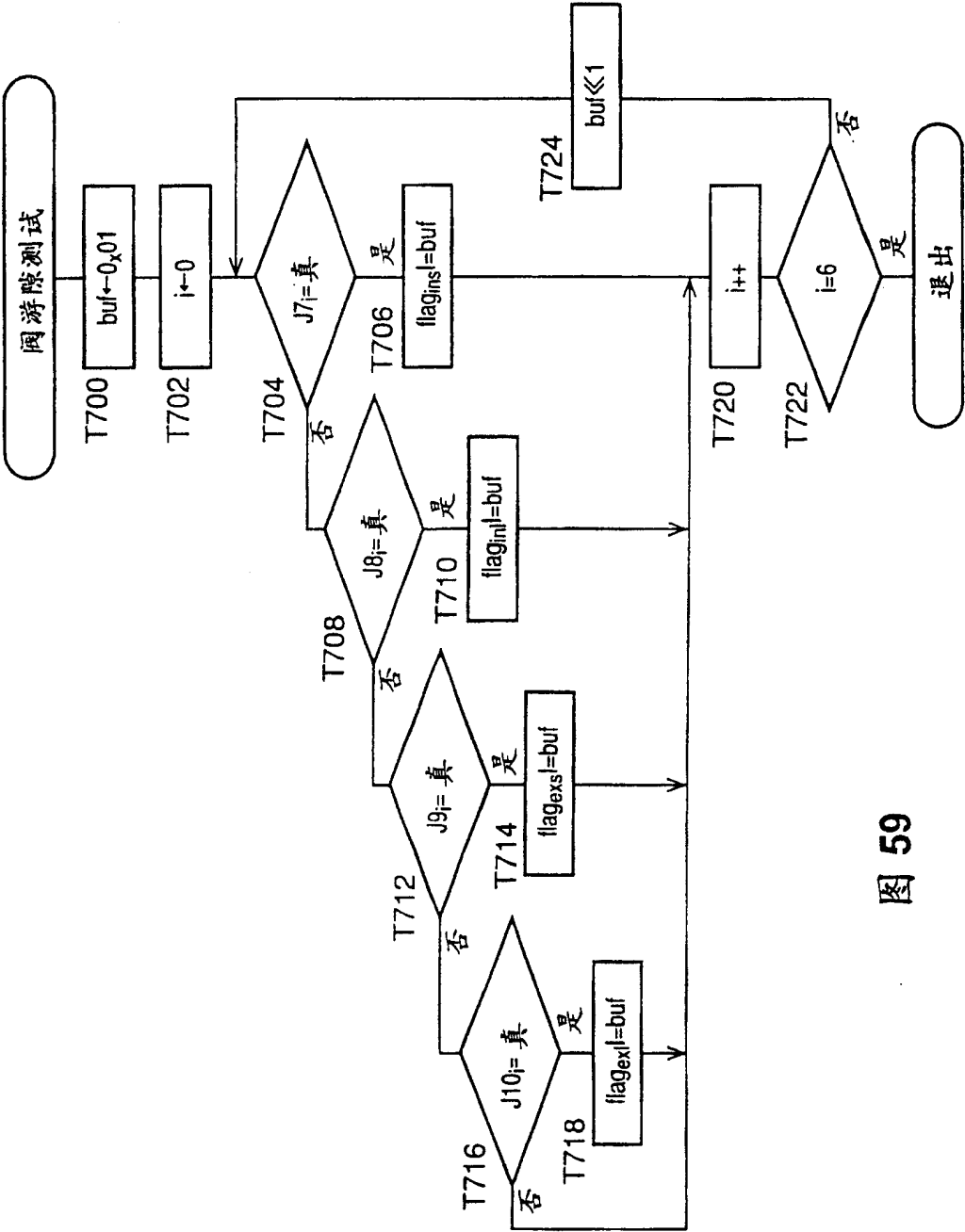


图 59

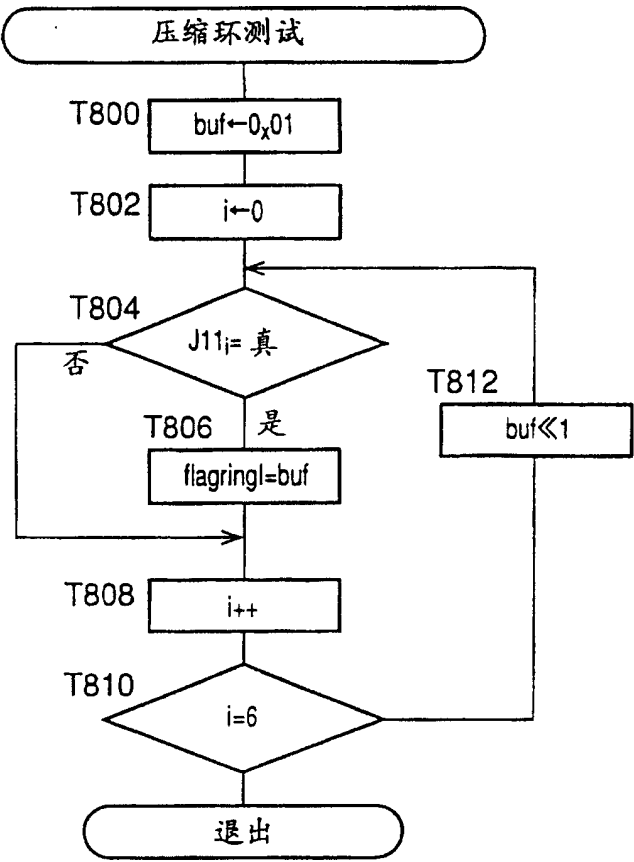


图 60

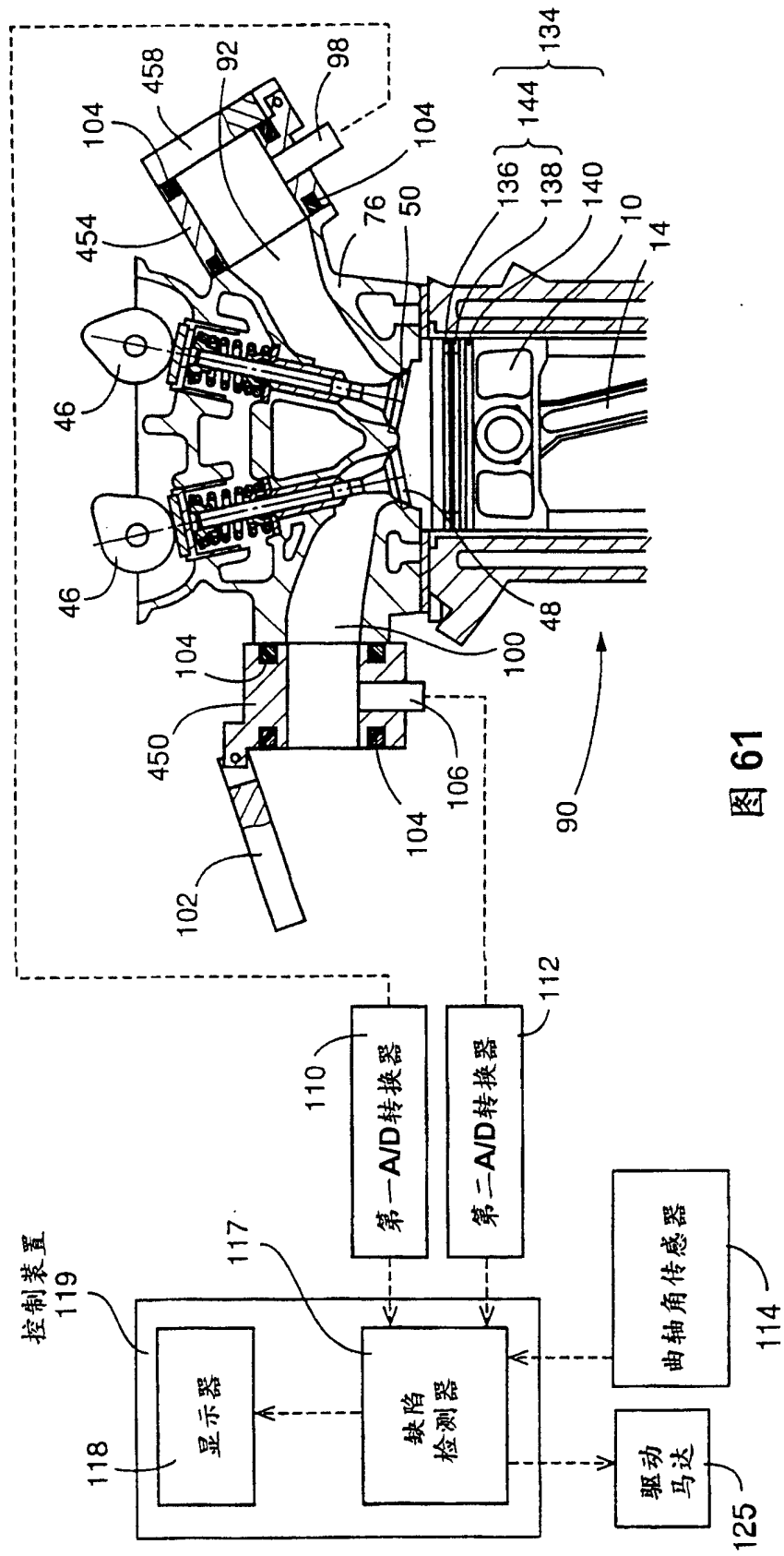


图 61

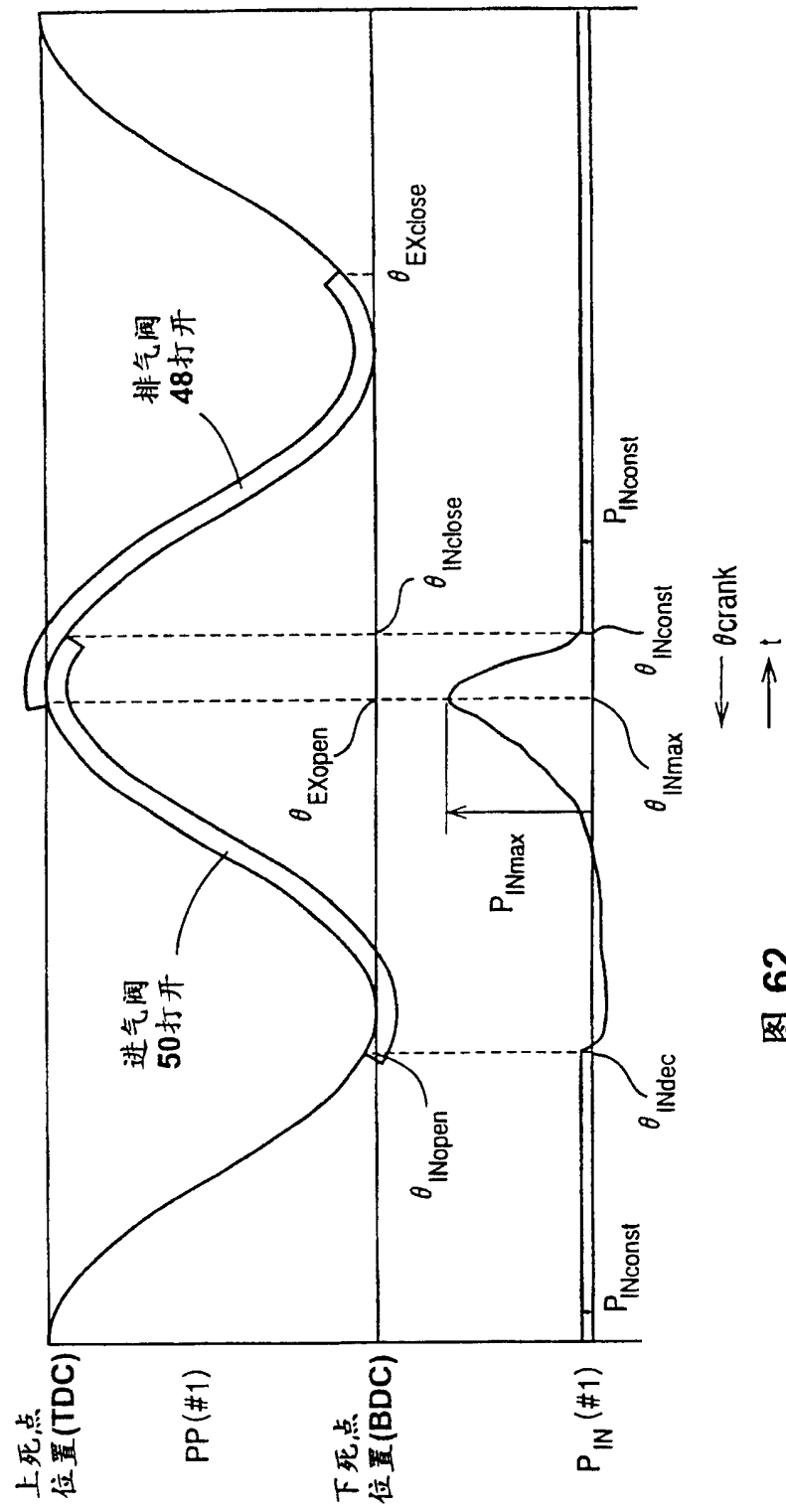


图 62

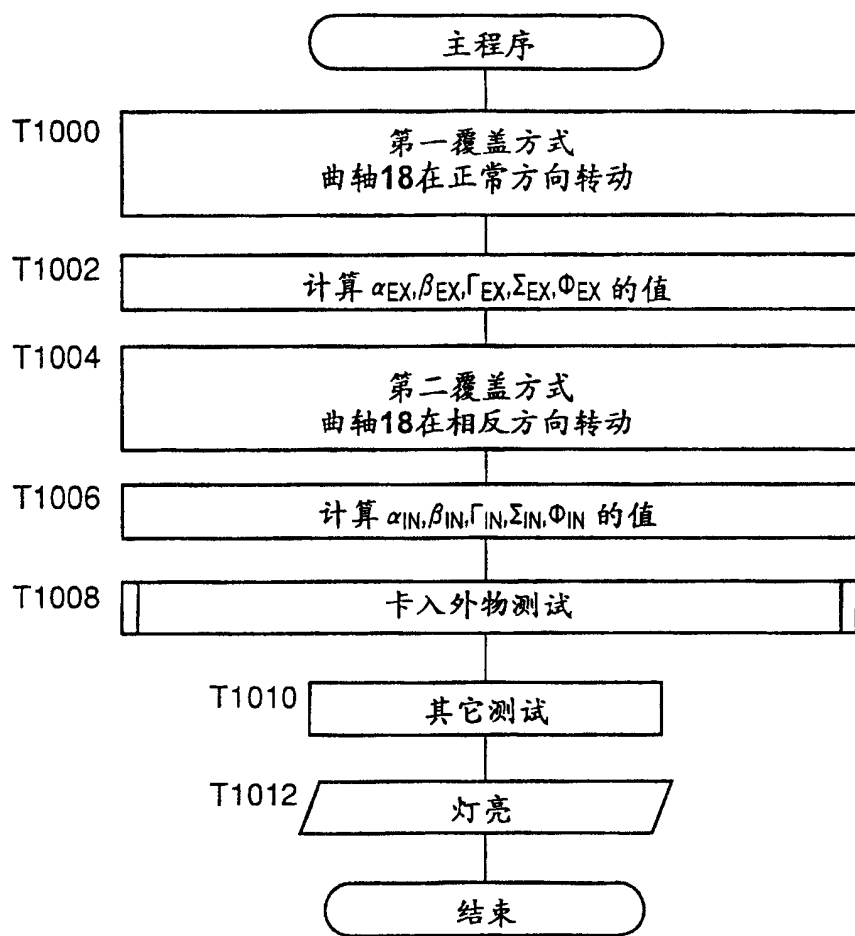


图 63

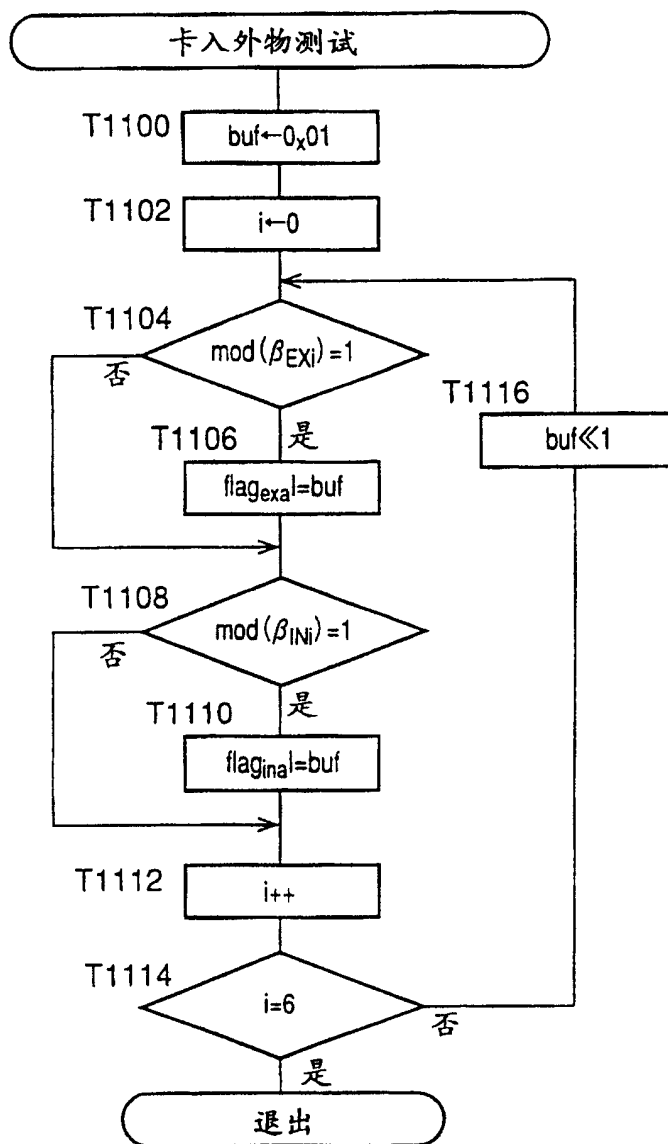


图 64

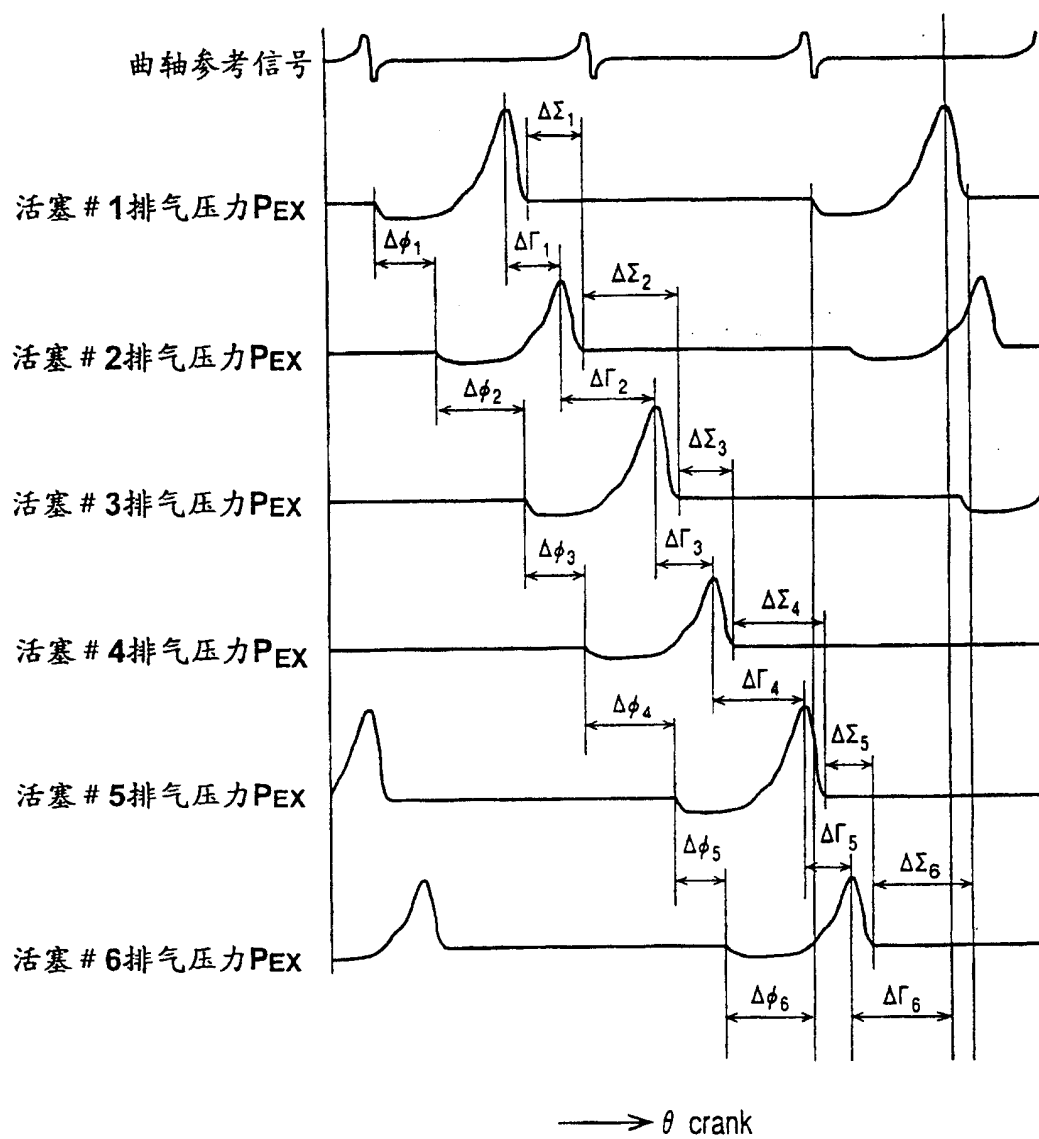


图 65

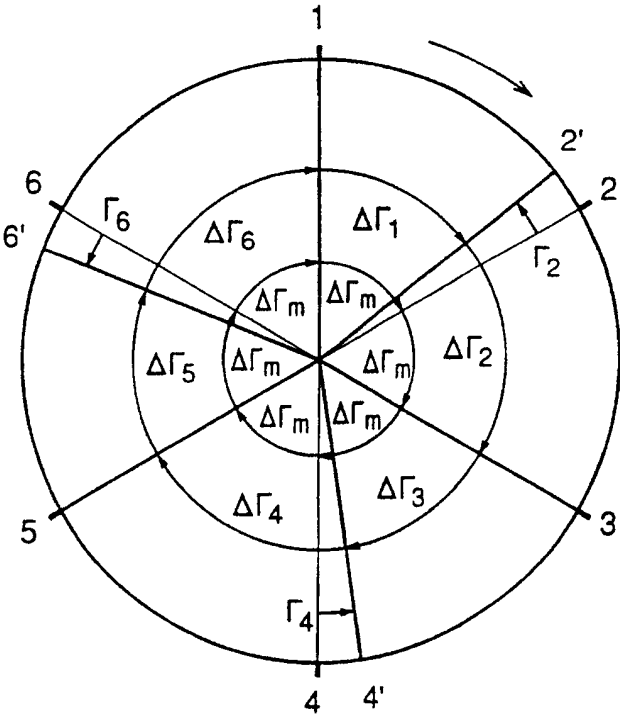


图 66

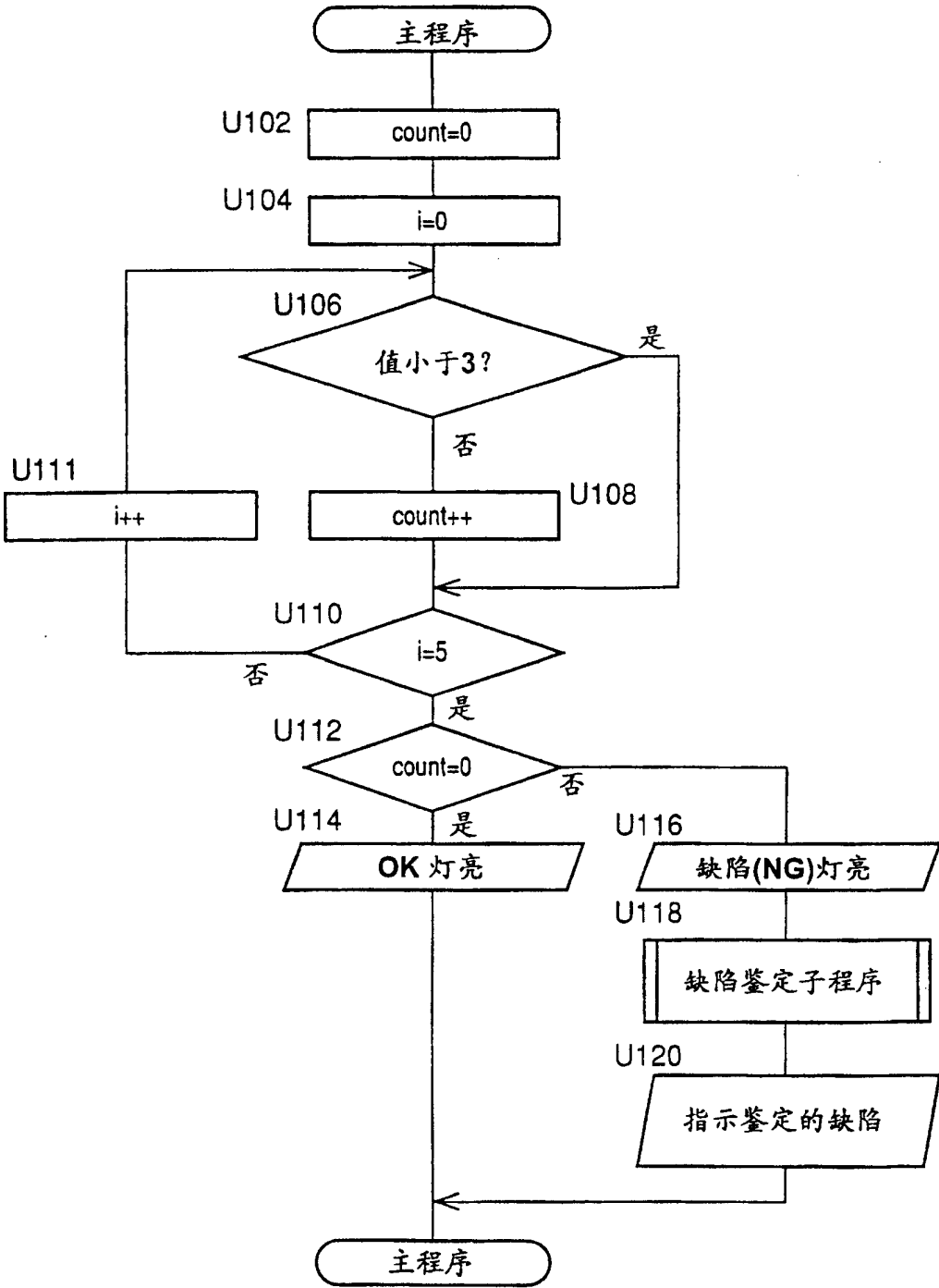


图 67

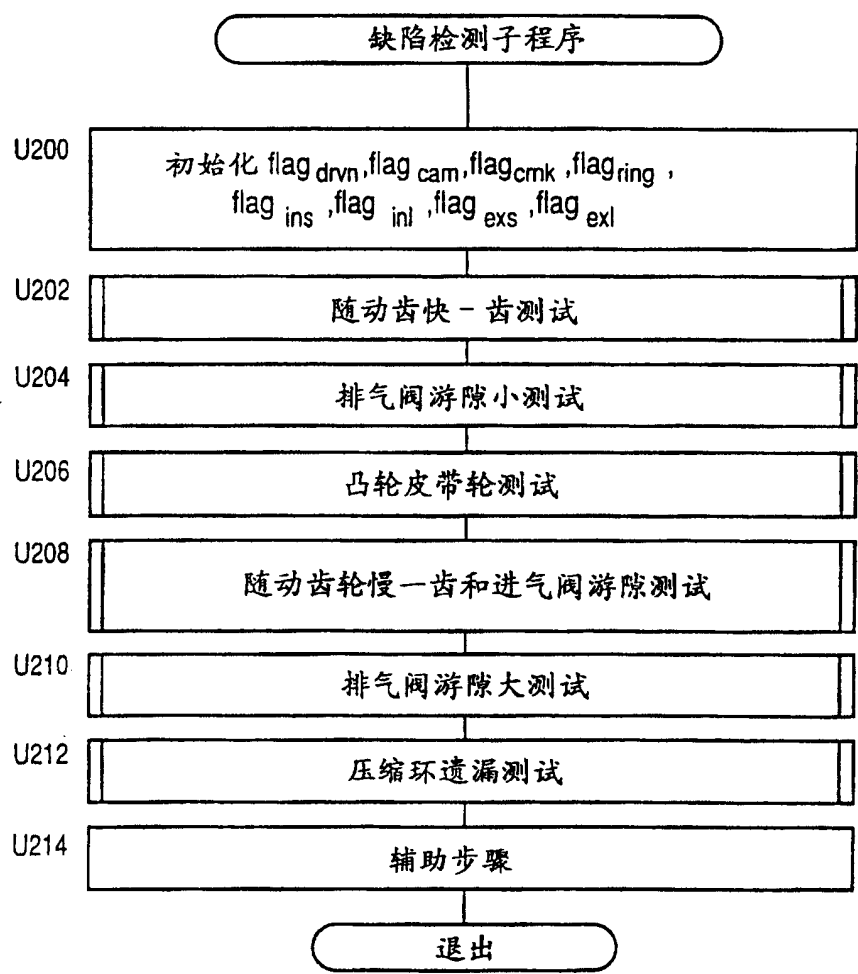


图 68

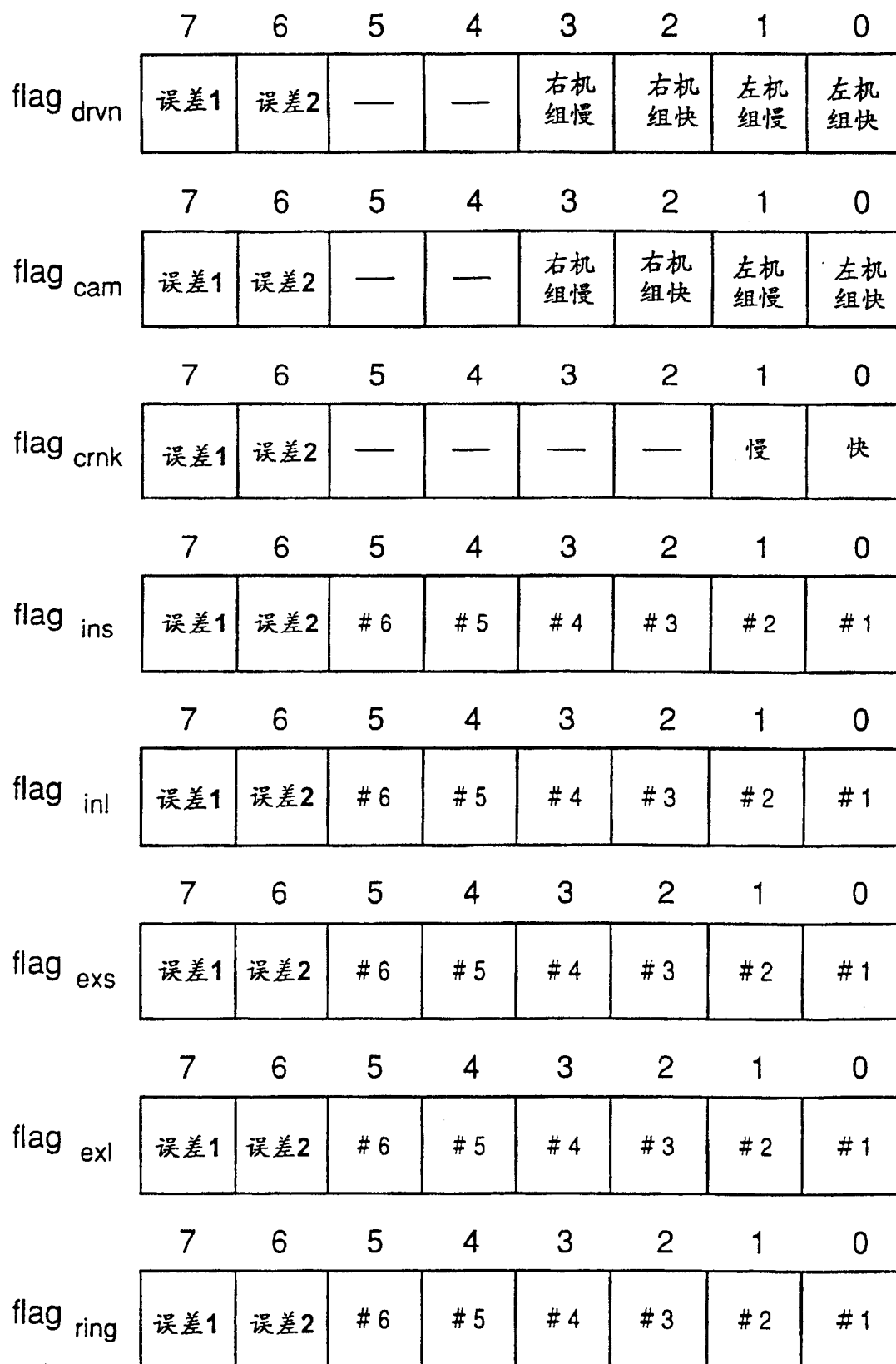


图 69

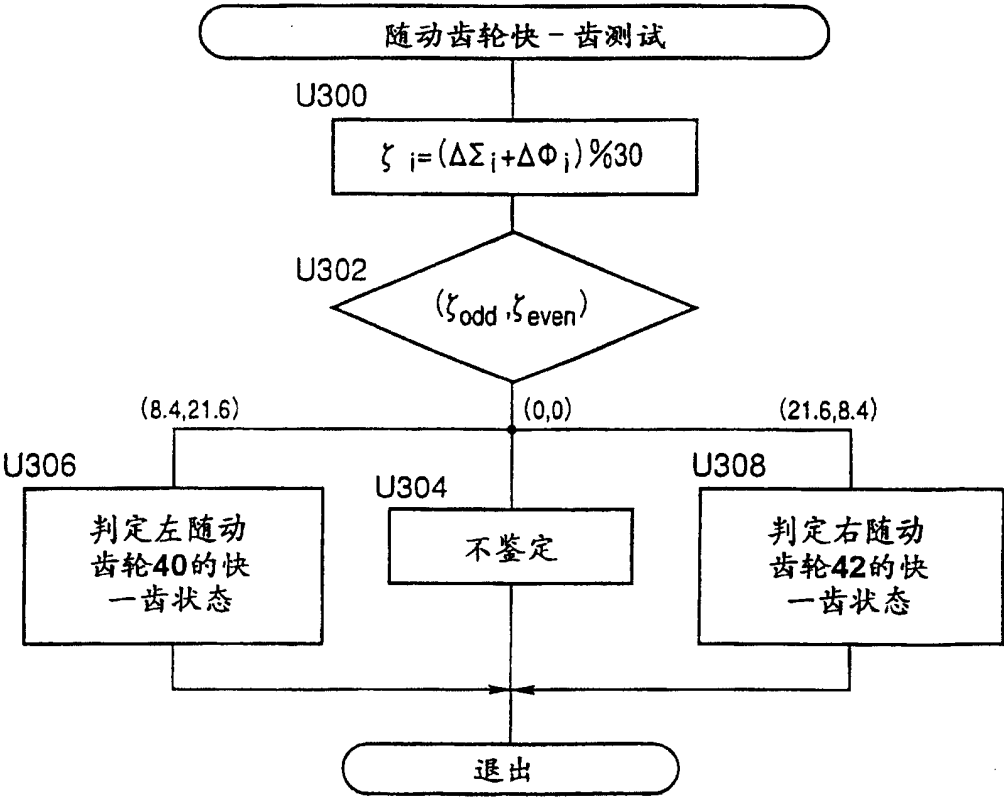


图 70

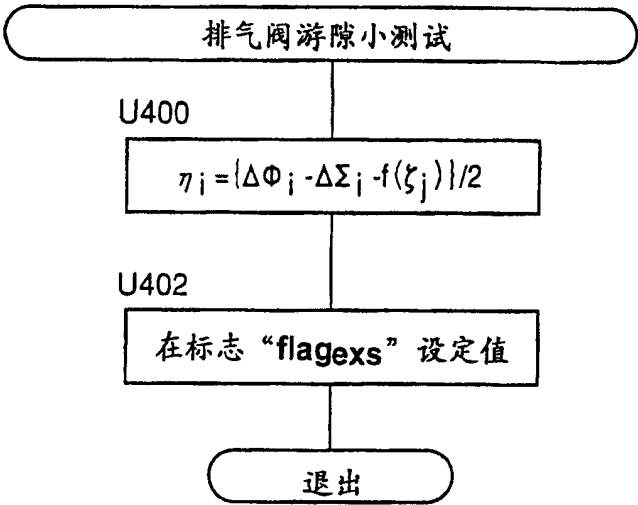


图 71

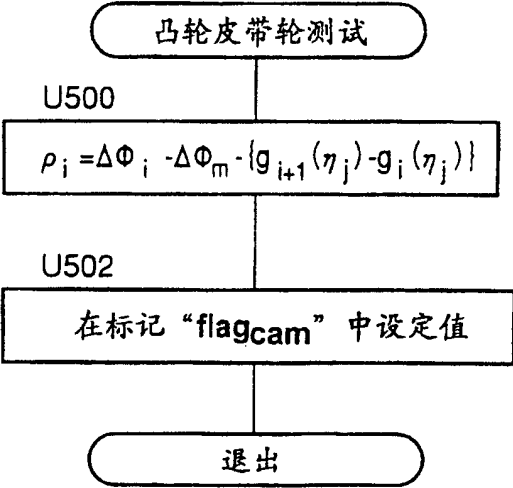


图 72

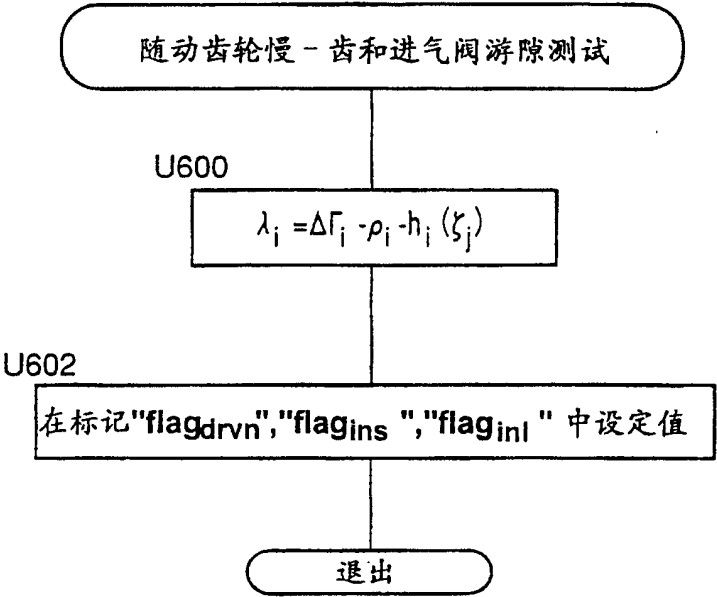


图 73

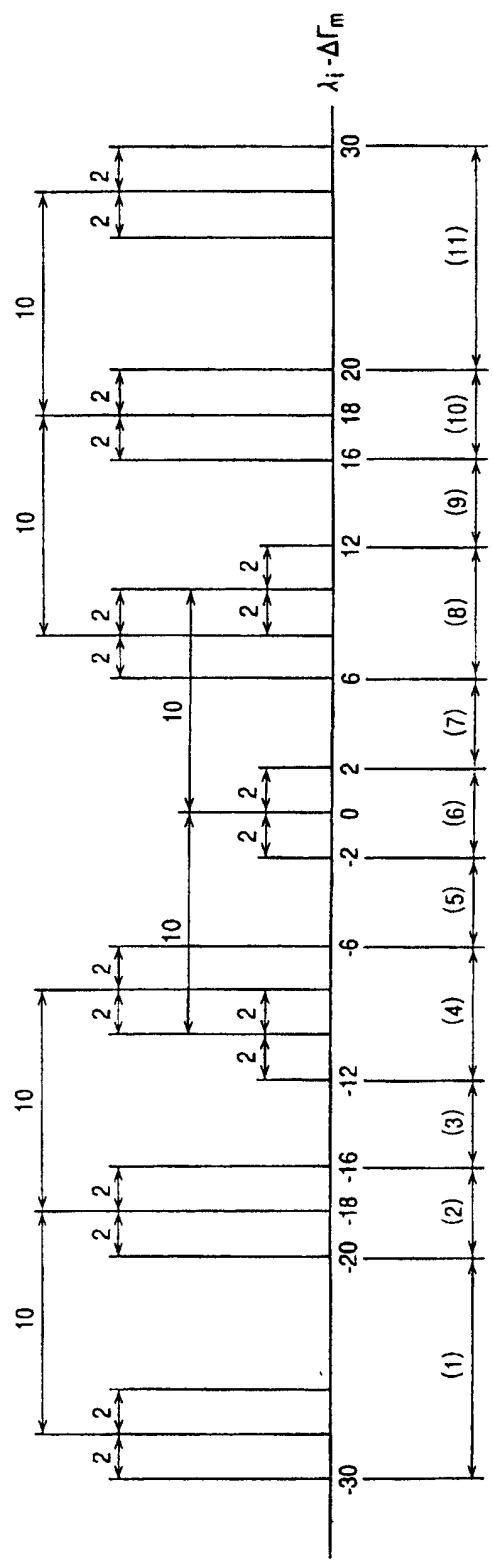


图 74

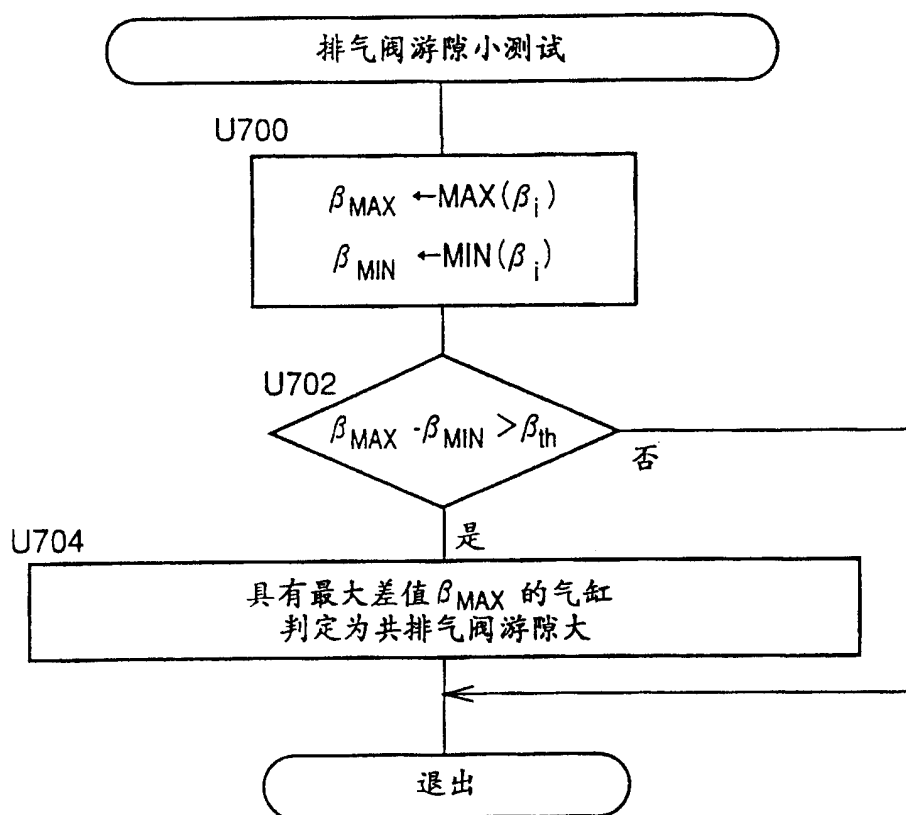


图 75

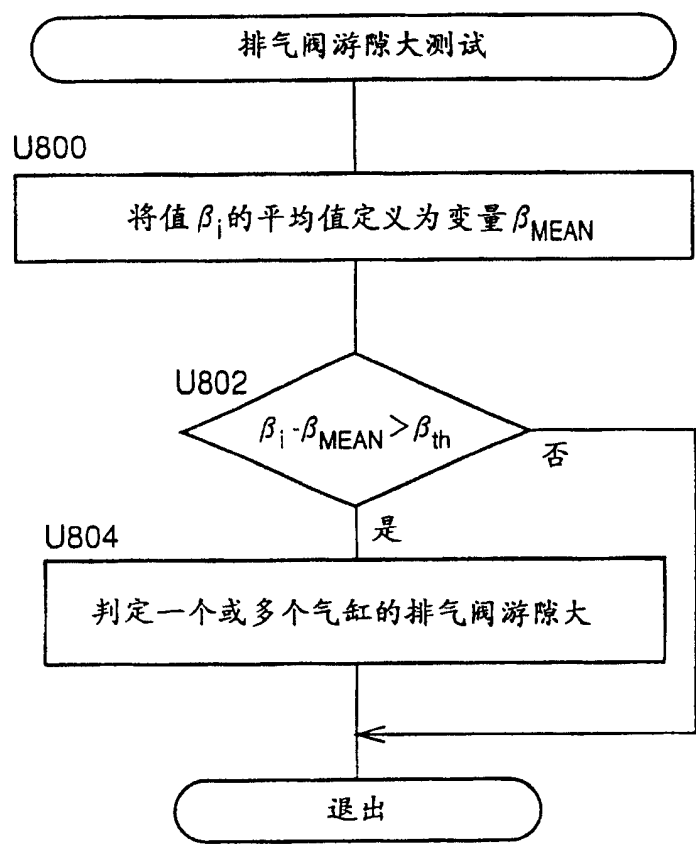


图 76

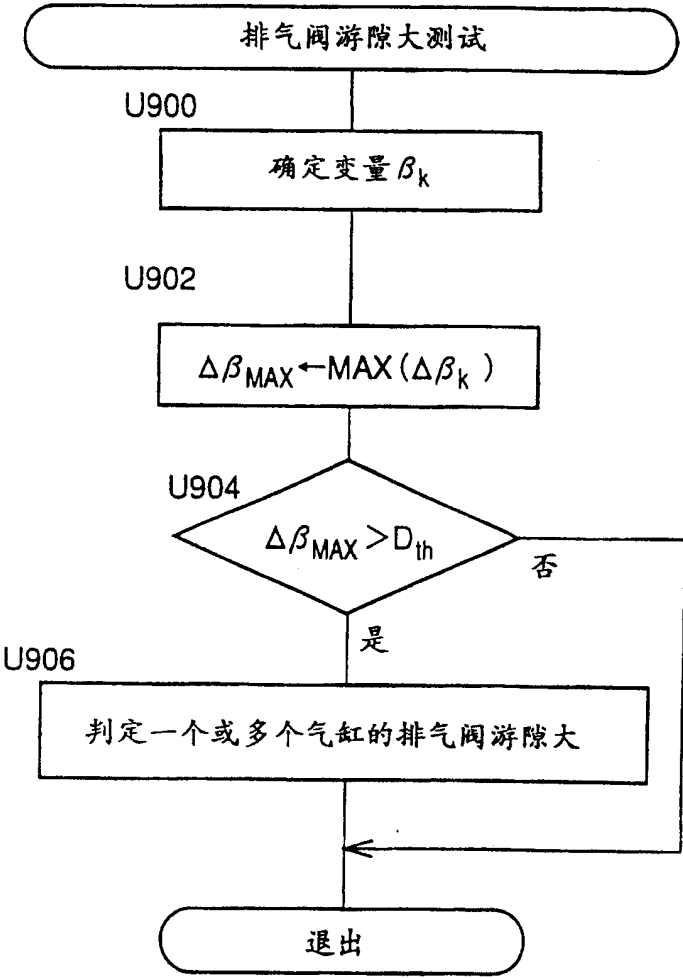


图 77

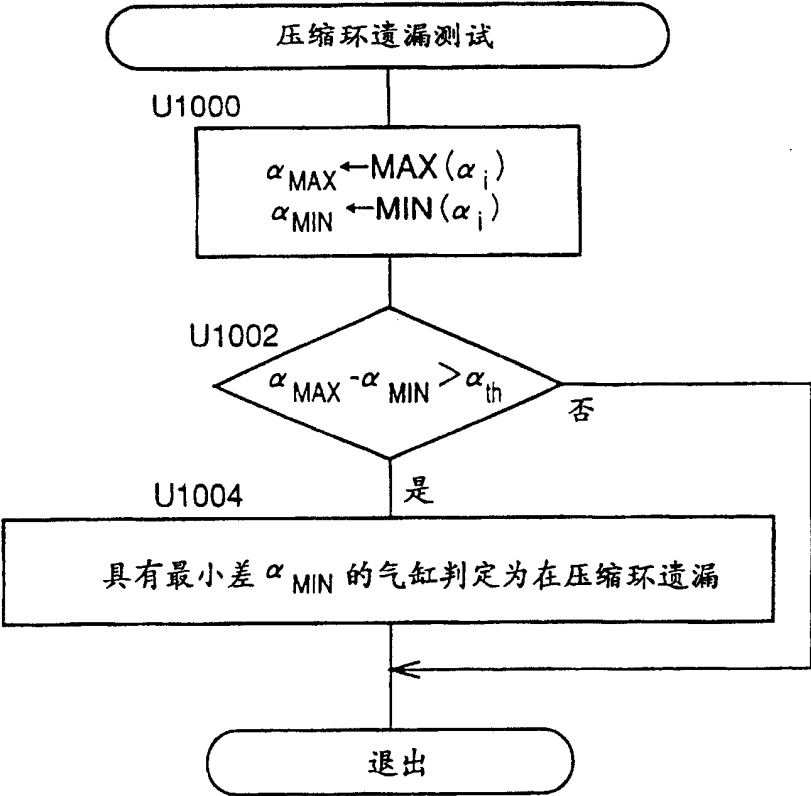


图 78

		δP_{EXmax}		$\delta P_{EXconst}$		$\delta \Gamma$		$\delta \Sigma$		$\delta \Phi$		$\delta \Lambda$		$\delta \Psi$		$\delta (\Gamma-\Phi)$	
		左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
凸轮 皮带轮	左 24	机组															
		快一齿		17	-17	0	0	15	-15	15	-15	14	-14	15	-15	0	0
		慢一齿		-17	17	0	0	-15	15	-15	15	-14	14	-15	15	0	0
		快一齿		-17	17	0	0	-15	15	-15	15	-14	14	-15	15	0	0
	右 26	慢一齿		17	-17	0	0	15	-15	15	-15	14	-14	15	-15	0	0
		快一齿		42	-42	10	-10	18	-18	8.4	-8.4	17	-17	18	-18	-18	18
		慢一齿		-42	42	-36	36	-18	18	0	0	-17	17	-18	18	18	-18
		快一齿		-42	42	-10	10	-18	18	-8.4	8.4	-17	17	-18	18	18	-18
随动 齿轮	右 42	慢一齿		42	-42	36	-36	18	-18	0	0	17	-17	18	-18	-18	18

图 79

	$\delta P_{EXmax\ i}$	$\delta P_{EXconst\ i}$	$\delta \Gamma_i$	$\delta \Sigma_i$	$\delta \Phi_i$	$\delta \Lambda_i$	$\delta \Psi_i$	$\delta (\Gamma-\Phi)_i$
进气阀游隙	小	47	16	6.4 (正)	0 (约零值)	6 (正)	6.4 (正)	-6.4 (负)
	大	-18	-20	-5.4 (负)	0 (约零值)	-5 (负)	-5.4 (负)	5.4 (正)
排气阀游隙	小	8	10	0 (约零值)	6.4 (正)	0 (约零值)	0 (约零值)	6.4 (正)
	大	-12 (负)	-14	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)
压缩环道漏	10 (正)	1	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)	0 (约零值)

图 80

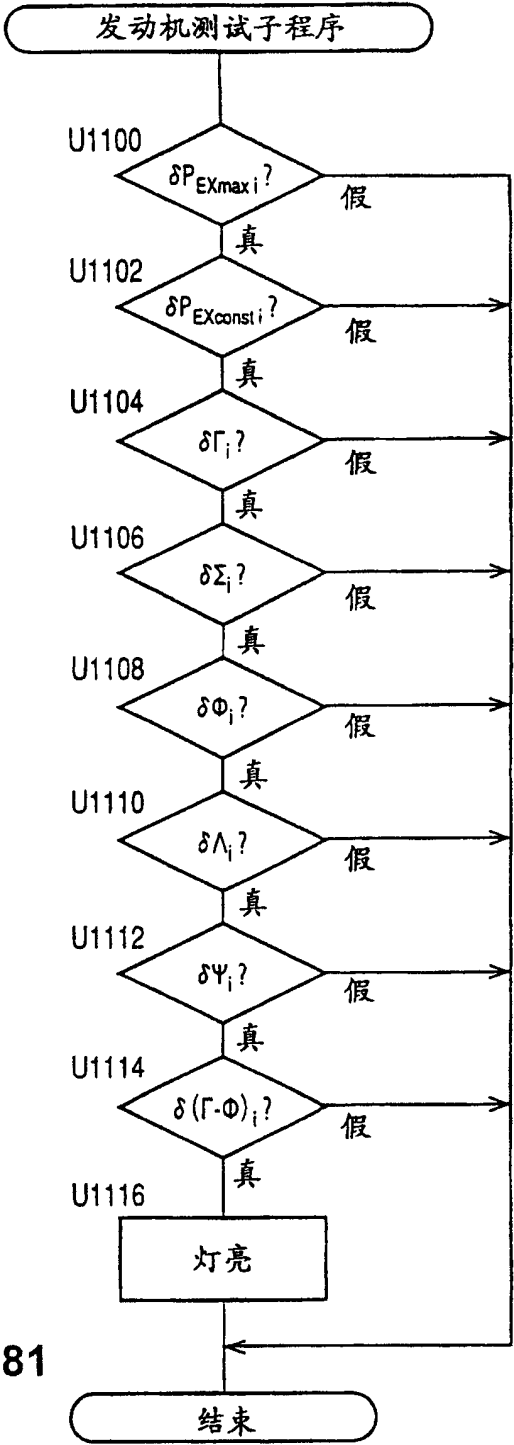


图 81