

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F02D 43/00 (2006.01)

F02D 41/26 (2006.01)

F02B 43/10 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03124927.2

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100379966C

[22] 申请日 2003.9.19 [21] 申请号 03124927.2

[30] 优先权

[32] 2002.9.20 [33] US [31] 10/065,143

[73] 专利权人 福特全球科技公司

地址 美国密歇根州

[72] 发明人 罗伯特·杰伊·纳特金 唐晓国

西亚马克·哈希米

约瑟夫·罗伯特·泰斯

威廉·F·斯托克豪森

[56] 参考文献

US6405720B1 2002.6.18

US5524432A 1996.6.11

US4794903A 1989.1.3

US3897757A 1975.8.5

US6125629A 2000.10.3

US5272871A 1993.12.28

EP0982486A2 2000.3.1

审查员 董喜俊

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责  
任公司

代理人 林潮 顾红霞

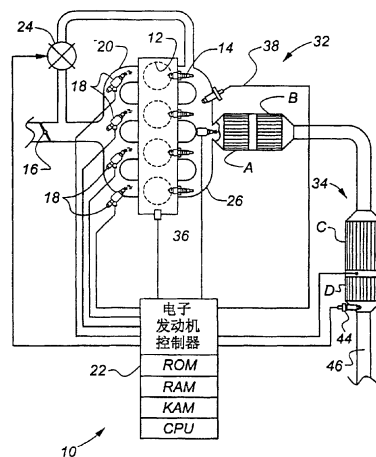
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

氢气燃料火花点火发动机

[57] 摘要

一种氢气燃料往复式火花点火发动机，包括一个给发动机的气缸提供气态氢气的燃料系统和一个连接在发动机上用来处理发动机废气的稀 NO<sub>x</sub> 阱。EGR 系统给发动机提供再循环的废气，并且在周期性净化稀 NO<sub>x</sub> 阱期间，控制器操作燃料系统和 EGR 系统，这样就使发动机在燃料丰富的情况下进行操作，同时 EGR 的质量大约为空气和燃料质量的 40% - 80%。



1. 一种氢燃料往复式火花点火发动机，包括：  
一个给发动机气缸提供气态氢气的燃料系统；  
一个连接在发动机上用来处理发动机排气的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器；  
一个给发动机提供再循环废气的 EGR 系统；以及  
一个在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的周期性净化过程中操作燃料系统和 EGR 系统的控制器，从而在浓于化学计量空气/燃料比的情况下操作发动机，同时 EGR 的质量接近于空气和燃料质量的 40-80%；并且  
当不净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器时，所述控制器以小于 0.65 的当量比操作燃料系统。
2. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，通过控制器操作燃料系统和 EGR 系统，从而在定时的基础上净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。
3. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，当一个由控制器所运行的模型指示应该净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器时，通过控制器操作燃料系统和 EGR 系统，从而在定时的基础上净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。
4. 如权利要求 2 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，操作燃料系统和 EGR 系统来净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器大约占发动机操作时间的 3-5%。
5. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，发动机的压缩比大于 10:1。
6. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，发动机的压缩比在大约 14:1-15:1 的范围内。

7. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，在等于或接近于最大负载时进行操作的过程中控制燃料系统和 EGR 系统，以获得与在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器净化过程中所使用的空气/燃料比相同的空气/燃料比。

8. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，进一步包括安装在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器上游的三元催化器。

9. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，进一步包括安装在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器下游的 NO<sub>x</sub> 传感器，所述的传感器产生一个相应于废气流中 NO<sub>x</sub> 的浓度的信号，同时所述的传感器操作上连接在所述的控制器上。

10. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，进一步包括一个安装在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器下游的 SCR 转换器。

11. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，进一步包括一个给稀 NO<sub>x</sub> 捕集器上游的发动机排气系统提供氢气的辅助燃料系统。

12. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，在当量比大约为 0.15 到 0.65 之间操作发动机，除了当净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器时。

13. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，在当量比大约为 0.15 到 0.65 之间操作发动机，除了当净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器和发动机在等于或接近最大负载被操作时。

14. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，进一步

---

包括一个安装在稀 NO<sub>x</sub> 催化器下游的三元催化器。

15. 如权利要求 1 所述的氢燃料往复式火花点火发动机，其特征在于，EGR 的质量流大约等于空气和燃料的质量。

## 氢气燃料火花点火发动机

### 技术领域

本发明涉及一种以气态氢气为燃料的往复式火花点火内燃机。

### 背景技术

长久以来，氢气一直被看作是一种具有引人关注的潜在的发动机燃料。一方面，因为燃料中不存在碳，所以氢气燃烧产生非常少的碳氢化合物（HC）、一氧化碳（CO）和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）。而且，含碳的废气成分只是从参与燃烧的少量润滑油中产生。因此，从排气净化的观点来说，氢气是一种令人满意的燃料。因为它的燃烧特性，特别是它的非常低的可燃性极限，使得它能以非常稀的空气/燃料比运行氢气燃料的发动机。对于本说明书，将对当量比  $\phi$  进行讨论，一般在汽车的用法中  $\phi$  指化学计量空气/燃料比与实际空气/燃料比的比例。因此，当量比  $\phi$  的值小于 1 对应于稀空气/燃料比，而大于 1 对应于浓空气/燃料比。根据本发明的系统，无论发动机的转速和负载如何，对稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的净化将在浓空气/燃料比（亦即  $\phi > 1$ ）时出现。

由于氢气的高火焰速度，将氢气作为发动机燃料来使用会产生一个问题。虽然氢气的化学计量空气/燃料比大约为 34.2:1，当没有再循环废气（EGR）时，由于自动点火产生的问题，大部分运行氢的发动机不能在  $\phi = 1$ （亦即化学计量空气/燃料比）下运行。简单地说，自动点火是由于火花点火导致的在通过混合气传送的火焰锋到达之前，混合气在燃烧室中发生自燃的趋势。因为涉及到自动点火的原因，为了防止自动点火并且提供稳定的燃烧，需要在非常稀的燃料条件下（空气/燃料比大约为 65:1）来运行含有氢气燃料的发动机。然而，如果使用高水平的 EGR，发动机就可以在  $\phi = 1$  附近运行，尽管伴随着燃料燃烧效率的损失。因此，为了使燃料燃烧效率最大化，希望在  $\phi < 1$  的情

况下运行。为了避免前述的自动点火，需要保持压缩比为相对较低的值，这就导致现有氢气燃料发动机的另一个问题。在一种作为公开研究的发动机中，在压缩比大约为 10:1 的情况下运行氢气燃料的发动机。然而，本发明的发明者确定，如果根据本发明的说明书和权利要求书来控制发动机，可以在压缩比为 14:1-15:1 的情况下操作氢气燃料的发动机。

### 发明内容

一种氢气燃料的往复式火花点火发动机，包括一个给发动机气缸提供气态氢的燃料系统，和一个连接在发动机上用来处理发动机废气的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。一个再循环废气（EGR）系统向发动机的进气口提供再循环废气，在定期净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器以便发动机能在临近化学计量空气/燃料比的情况下运行的期间，一个控制器操作燃料系统和 EGR 系统，同时 EGR 的质量接近空气和燃料的质量。燃料系统和 EGR 系统在控制器的控制下运行，以便或者在定时地或者通过集成安装在车辆或发动机的排气系统内的 NO<sub>x</sub> 传感器的输出，来净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。当不净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器时，控制器以小于 0.65 的当量比操作燃料系统

如果使用定时基础来安排净化处理，就可以例如使用发动机的操作时间的大约 3-5%来操作 EGR 系统和燃料系统来净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。

根据本发明的另一个方面，氢气燃料往复式火花点火发动机可以具有一个燃料系统和一个 EGR 系统，这两个系统在等于或接近最大负载时受到控制，以便发动机能达到一个与净化安装在发动机排气系统中的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器期间所应用的空气/燃料比和 EGR 比例相同的空气/燃料比和 EGR 比例。

根据本发明的另一个方面，氢气燃料往复式火花点火发动机可以进一步包括安装在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的上游或下游的三元催化器。由于具有本发明的系统并且按照本发明进行操作的发动机不允许在废气中用

足够的氢来产生所需的还原剂，所以在净化过程需要额外的还原剂的情况下，发动机就进一步包括一个辅助燃料系统，该系统向稀 NO<sub>x</sub> 捕集器上游的发动机排气系统提供氢气。

根据本发明的发动机可以在大约 0.15 到 0.65 之间的当量比下进行操作，除了当稀 NO<sub>x</sub> 捕集器正在净化的情况，在这种情况下，当量比将大于 1.0，同时具有大量的 EGR 以避免提前点火。在这种情况下，EGR 质量流动速率大约为进入发动机燃烧室的总质量流动的 40%-80%。

根据本发明的另一个方面，一种操作安装有稀 NO<sub>x</sub> 捕集器并燃烧气态氢气的往复式内燃机的方法，包括在大约 0.15 到 0.65 之间的当量比下操作发动机的步骤，其中该精确的当量比是发动机速度和负载的函数。当净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器时，将当量比大约设置为 1.1。本方法可以进一步包括按照 EGR 的质量近似与净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器时的空气和燃料的质量相同来操作发动机的步骤。本方法可以进一步包括按照 EGR 的质量近似与净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器并且发动机在等于或接近于最大负载运行时的空气和燃料的质量相同来操作发动机的步骤。

根据本发明的系统和方法的一个优点是，可以使用氢燃料，在极端稀薄的情况下进行操作以实现最大燃料燃烧效率，因此可以利用氢气的最好的特性，除非是需要稀 NO<sub>x</sub> 捕集器再生时，此时发动机可以和浓的 EGR 在大于化学计量空气/燃料比时进行操作，这样就使减少的大气出现在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的前端面，因此就可以实现极好的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的再生。

本发明的另一个优点是，根据本系统和方法的发动机的操作，可以利用比那些典型地在氢燃料发动机中发现的更大的压缩比。在根据本发明进行操作的发动机中，与高百分比的再循环废气混合在一起的氢气和空气在重量为 40-80%的范围之内。这些废气有助于防止氢气和

空气的自动点火。实际上，废气是一种稀释剂，这种稀释剂能参加燃烧反应产生放热；相反，废气吸收燃烧能量并使燃烧的气体混合物的最高温度降低。另外，废气中含有水，妨碍了导致自动点火的连锁反应。

本发明的另一个优点是，根据现在使用的系统和方法进行操作的发动机，可以在不需要后处理的情况下进行操作，除了稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。

本说明书的读者可以明了本发明的其它优点、及目标和特征。

### 附图说明

图 1 为根据本发明的火花点火氢燃料发动机的示意图。

图 2 为描述根据本发明的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的再生方法的流程图。

图 3 为第一个三维图，显示根据本发明的一个方面的火花点火氢燃料发动机的作为发动机速度和负载的函数的当量比。

图 4 为第二个三维图，显示根据本发明的一个方面的火花点火氢燃料发动机的作为发动机速度和负载的函数的当量比。

### 具体实施方式

如图 1 所示，发动机 10 具有多个气缸 12，气缸 12 通过多个火花塞 14 进行工作。多个燃料喷射器 18 给气缸 12 提供气态氢，同时燃料与分别通过节流板 16 和 EGR 阀 24 进入的空气和 EGR 相混合。EGR 阀 24、燃料喷射器 18，以及优选地节流板 16 通过电子发动机控制器 22 进行操作。选自本领域技术人员所知的发动机控制器的类别中并由本披露内容提出的控制器 22 具有处理器（CPU）、输入/输出端口、包含处理器可执行指令和校正值的电子存储介质、只读存储器、随机存储器和保活存储器。控制器 22 从多个连接在发动机 10 上的传感器 36 上接收信号，并且控制火花塞 14 的火花定时，控制由喷射器 18 提供燃料，控制由阀 24 控制的 EGR 流，控制由节流板 16 控制的发动机空气流。在一种实施例中，如果需要，电子发动机控制器 22 还可以通过



辅助燃料喷射器 26 向发动机排气系统提供附加燃料。本发明的发明者认为，一些发动机不允许充足的氢燃料进入燃烧室，这样就使得在发动机排气系统中有正常水平的还原剂，其结果是，对于这种发动机，就必须直接向排气系统提供氢气。喷射器 26 满足了这个要求。

电子发动机控制器 22 进一步从废氧传感器 38 和测量排气管 46 中 NO<sub>x</sub> 的浓度的排放 NO<sub>x</sub> 传感器 44 接收信号。本发明的催化后处理系统包括一个第一后处理装置 32 和第二后处理装置 34。第一后处理装置 32 可以在“A”处包括一个三元催化器 (TWC)，其后是位于“B”处的一个稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。可选地，第一后处理装置 32 可以在 A 和 B 处包括两个稀 NO<sub>x</sub> 捕集器，或者一个稀 NO<sub>x</sub> 捕集器。在另一种情况下，第一后处理装置 32 可以包括一个安装在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的下游的 TWC。重要的是，在任何情况下，第一后处理装置 32 包括至少一个稀 NO<sub>x</sub> 捕集器，而稀 NO<sub>x</sub> 捕集器本身是三元催化器的一种类型。

第二后处理装置 34 是可选的，并且可以包括选择性催化还原 (SCR) 转换器，该转换器收集净化上游 NO<sub>x</sub> 捕集器期间所形成的任何的氨水。在随着稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的净化而在稀空气/燃料比 (亦即  $\phi < 1$ ) 进行操作的过程中，存储在 SCR 中的氨水可以用来降低没有被稀 NO<sub>x</sub> 捕集器存储的 NO<sub>x</sub>。

图 2 图示了根据本发明的氢燃料火花点火的发动机的操作方法。由程序块 60 开始，发动机控制器 22 移动到程序块 62，在稀空气/燃料比或化学计量空气/燃料比 (亦即  $\phi = 1$ ) 加 EGR 的情况下开始操作。可以想象，不管使用何种策略，在相应于 0.15 到 0.65 的当量比的稀空气/燃料比的情况下，会消耗发动机的一些操作时间。如果在另一方面，期望在等于或接近最大负载时进行操作，在操作时，打开节流板 16 并且将 EGR 阀 24 打开到一定程度，进气歧管 20 内的压力接近周围空气压力，这样达到最大负载，操作发动机 10 从而达到与在第一后处理装置 32 中使用的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的再生期间的值为  $\phi$  的 EGR 比例相同的空

气/燃料比和 EGR 比。在图 3 中图示了这种策略，在图 3 中，当量比被控制为发动机速度和负载的函数，同时空气/燃料混合气增加到大约最大负载时的  $\phi$ 。

在净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器和在根据图 3 所示策略下的最大负载进行操作的过程中，通常使用的 EGR 的数量为燃烧室内质量百分比 40%—80%的范围内。换句话说，燃烧室中接近一半的质量百分比是再循环的废气。这种大量地使用对于避免自动点火是必要的，如本说明书前面所描述的那样。

图 4 图示了根据本发明的一种操作策略，在这种策略中，在正常的操作期间，当量比保持在 0.70 以下。如图 3 所示的策略，在稀 NO<sub>x</sub> 捕集器的净化期间， $\phi$  值增加。

现在继续看图 2 所示策略的描述，在程序块 64 上，电子发动机控制器 22 询问是否指示再生。对于再生或净化的要求，可以通过建模来决定稀 NO<sub>x</sub> 捕集器，包括，例如，通过发动机的燃料流、操作负载、和/或发动机进行操作的时间来跟踪燃料流。按照本披露内容，本领域技术人员可以理解，通过考虑本领域技术人员所知并由本披露内容所提出的发动机的其它操作参数，并记录在这些参数下运行的发动机的载荷值，可以支持这种建模方法。另一种情况下，NO<sub>x</sub> 传感器 44 可以与集成方案一起使用，来决定什么时候第一后处理装置 32 中的稀 NO<sub>x</sub> 捕集器需要被再生。在典型的城市—郊区循环线路的交通工具中，再生需要占用大约 3-5%的发动机操作时间。

如果在程序块 64 中提出问题的回答是“是”，那么电子发动机控制器 22 通过在浓空气/燃料比加上大量的接近于燃烧室中存在的质量百分比为 40-80%的 EGR 情况下运行发动机来开始进行再生策略。此后，在程序块 72 处继续进行程序。通过功率计的使用、或通过建模、或通过这两种技术的结合，来确定 EGR 精确的百分比。

本发明的发明者确定，为了获得净化稀 NO<sub>x</sub> 捕集器所需要的较浓的空气/燃料比，优选地向发动机过量提供氢气燃料而不是将氢气喷射到发动机下游的排气系统，因为氢气的直接喷射会产生大量的热量，这会导致稀 NO<sub>x</sub> 捕集器不能在最佳的效率范围内进行操作。

虽然结合特定的实施例描述了本发明，但是可以理解，本领域技术人员可以进行不同的修改、改变和变化，而不脱离于本发明的精神和范围。因此本发明仅仅由所附的权利要求书限定。

图1

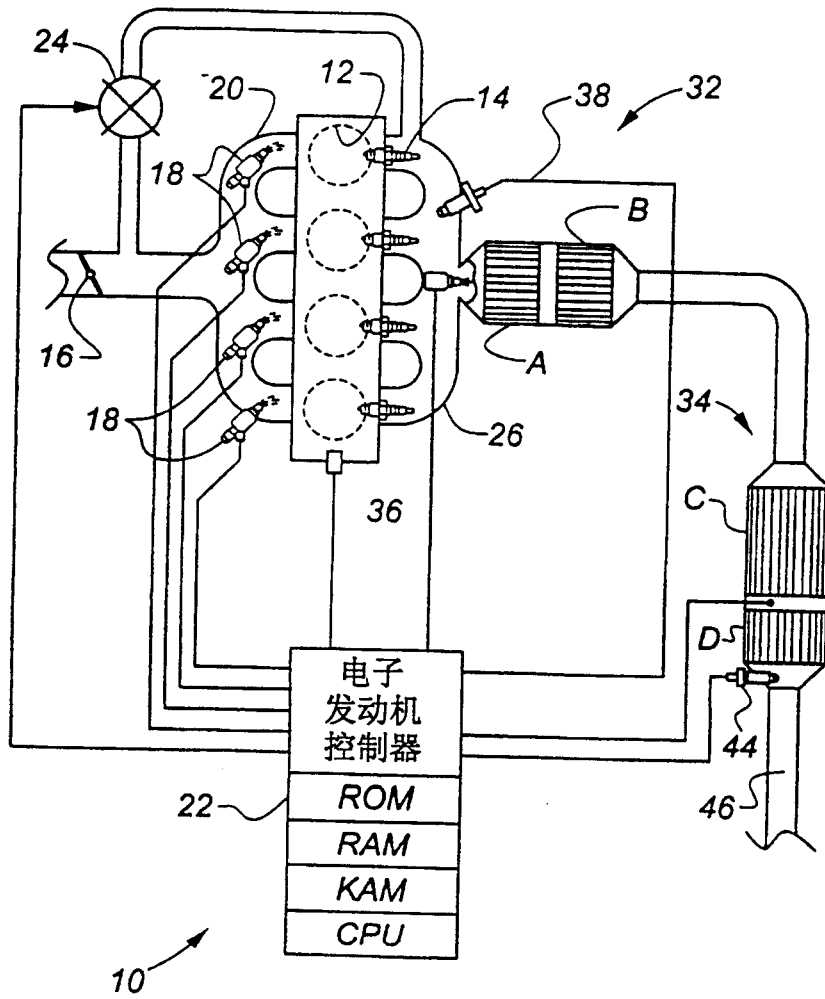


图2

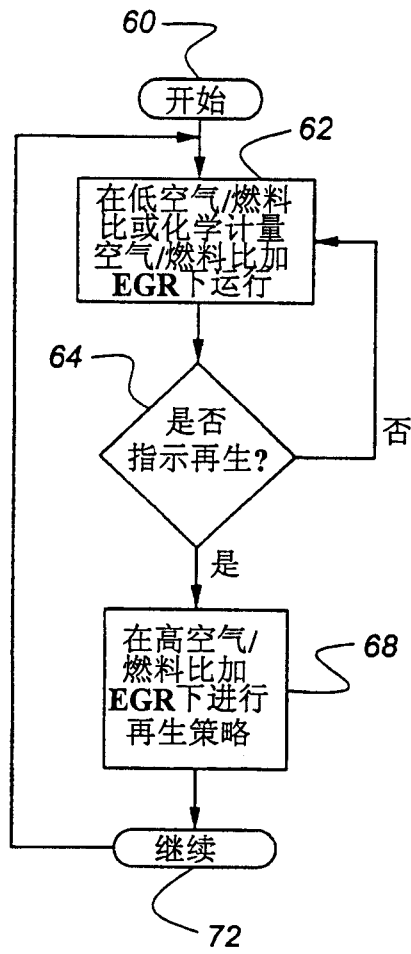


图3

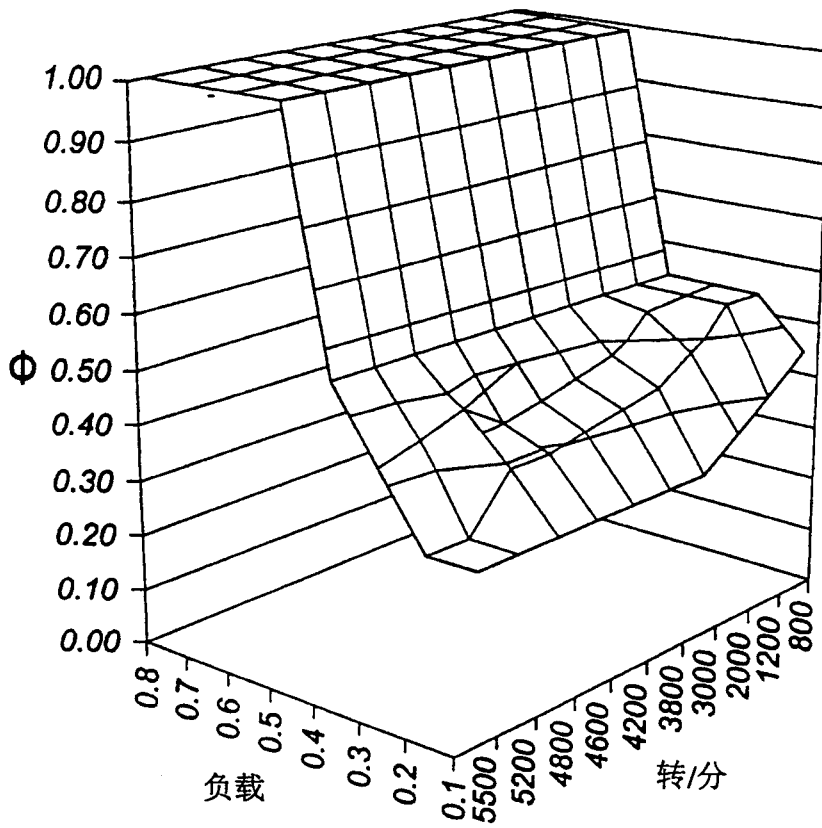


图4

