

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C10L 1/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680053187.5

[43] 公开日 2009 年 3 月 11 日

[11] 公开号 CN 101384687A

[22] 申请日 2006.12.21

[21] 申请号 200680053187.5

[30] 优先权

[32] 2005.12.21 [33] US [31] 60/753,318

[86] 国际申请 PCT/US2006/049113 2006.12.21

[87] 国际公布 WO2007/076052 英 2007.7.5

[85] 进入国家阶段日期 2008.8.21

[71] 申请人 ORYXE 能源国际公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 F·L·乔丹

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 王长青

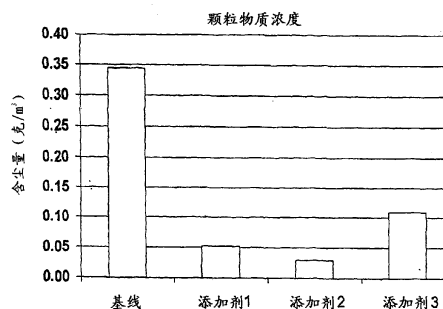
权利要求书 4 页 说明书 38 页 附图 5 页

[54] 发明名称

残余燃料油添加剂

[57] 摘要

公开了用于高沥青烯碳质燃料例如残余燃料油或煤炭的燃料添加剂。此种添加剂提供改进的燃烧特性。此种改进的燃烧特性包括改进的效率和降低的污染物排放中之一或两者。具体来说，该燃料添加剂包括植物例如牛毛草、alfeque 或苜蓿的提取物，和任选地，有机金属化合物。同时包括植物提取物和有机金属化合物的燃料添加剂的使用尤其可用于改进具有特别高沥青烯含量的燃料的燃烧特性。



1. 改进高沥青烯碳质燃料的燃烧特性的燃料添加剂，该燃料添加剂包含：

植物提取物；和有机金属化合物。

2. 权利要求1的燃料添加剂，其中该植物提取物是豆科类植物的提取物。

3. 权利要求2的燃料添加剂，其中该植物提取物选自牛毛草提取物、alfegue提取物、苜蓿提取物和其组合。

4. 权利要求3的燃料添加剂，其中该有机金属化合物是烃溶性有机金属化合物，该烃溶性有机金属化合物包含至少一种选自第一和第二排过渡金属的金属。

5. 权利要求4的燃料添加剂，其中该有机金属化合物的金属是铁。

6. 权利要求5的燃料添加剂，其中该有机金属化合物选自五羰基铁、环烷酸铁、二茂铁和其组合。

7. 权利要求1的燃料添加剂，其中该有机金属化合物是烃溶性有机金属化合物，该烃溶性有机金属化合物包含至少一种选自第一和第二排过渡金属的金属。

8. 权利要求7的燃料添加剂，其中该有机金属化合物的金属是铁。

9. 权利要求8的燃料添加剂，其中该有机金属化合物选自五羰基铁、环烷酸铁、二茂铁和其组合。

10. 权利要求1的燃料添加剂，还包含油溶性载体。

11. 权利要求10的燃料添加剂，其中该油溶性载体是芳族溶剂。

12. 权利要求10的燃料添加剂，其中以占燃料添加剂的大约0.01wt % - 大约10wt % 的量提供植物提取物。

13. 权利要求12的燃料添加剂，其中以占燃料添加剂的大约0.05wt % - 大约5wt % 的量提供植物提取物。

14. 权利要求13的燃料添加剂，其中以占燃料添加剂的大约0.5wt % 的量提供植物提取物。

15. 权利要求1的燃料添加剂, 还包含选自绣线菊油、类胡萝卜素、抗氧化剂和其组合的材料。

16. 权利要求1的燃料添加剂, 还包含绣线菊油、类胡萝卜素和抗氧化剂。

17. 权利要求16的燃料添加剂, 其中该类胡萝卜素包括 β -胡萝卜素。

18. 权利要求16的燃料添加剂, 其中该抗氧化剂包括二氢喹啉。

19. 权利要求18的燃料添加剂, 其中该二氢喹啉包括2, 2, 4-三甲基-6-乙氧基-1, 2-二氢喹啉。

20. 权利要求1的燃料添加剂, 其中该植物提取物是通过烃溶性极性或非极性溶剂提取的。

21. 高沥青烯碳质燃料的燃烧特性的改进方法, 包括将燃料添加剂添加到该高沥青烯碳质燃料中, 该燃料添加剂包含: 植物提取物和有机金属化合物。

22. 权利要求21的方法, 其中该植物提取物是豆科类植物的提取物。

23. 权利要求22的方法, 其中该植物提取物选自牛毛草提取物、alfaque提取物、苜蓿提取物和其组合。

24. 权利要求23的方法, 其中该有机金属化合物是烃溶性有机金属化合物, 该烃溶性有机金属化合物具有选自第一和第二排过渡金属的金属。

25. 权利要求24的方法, 其中该有机金属化合物的金属是铁。

26. 权利要求25的方法, 其中该有机金属化合物选自五羰基铁、环烷酸铁、二茂铁和其组合。

27. 权利要求21的方法, 其中该有机金属化合物是烃溶性有机金属化合物, 该烃溶性有机金属化合物具有选自第一和第二排过渡金属的金属。

28. 权利要求27方法, 其中该有机金属化合物的金属是铁。

29. 权利要求28的方法, 其中该有机金属化合物选自五羰基铁、环

烷酸铁、二茂铁和其组合。

30. 权利要求21的方法，其中该燃料添加剂还包含油溶性载体。

31. 权利要求21的方法，其中该油溶性载体是芳族溶剂。

32. 权利要求21的方法，其中该高沥青烯碳质燃料选自残余燃料油和煤炭。

33. 权利要求32的方法，其中以占高沥青烯碳质燃料的量的大约0.5ppm-大约10,000ppm的量提供植物提取物。

34. 权利要求33的方法，其中以占高沥青烯碳质燃料的量的大约200ppm-大约2000ppm的量提供植物提取物。

35. 权利要求34的方法，其中以占高沥青烯碳质燃料的量的大约800ppm的量提供植物提取物。

36. 权利要求21的方法，其中该燃料添加剂还包含选自绣线菊油、类胡萝卜素、抗氧化剂和其组合的材料。

37. 权利要求21的方法，其中该燃料添加剂还包含绣线菊油、类胡萝卜素和抗氧化剂。

38. 权利要求37的方法，其中该类胡萝卜素包括 β -胡萝卜素。

39. 权利要求37的方法，其中该抗氧化剂包括二氢喹啉。

40. 权利要求39的方法，其中该二氢喹啉包括2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉。

41. 权利要求21的方法，其中该植物提取物是通过烃溶性极性或非极性溶剂提取的。

42. 包含高沥青烯碳质燃料和燃料添加剂的燃料，该燃料添加剂包含：植物提取物；和有机金属化合物。

43. 权利要求42的燃料，其中该植物提取物是豆科类植物的提取物。

44. 权利要求43的燃料，其中该植物提取物选自牛毛草提取物、alfaque提取物、苜蓿提取物和其组合。

45. 权利要求42的燃料，其中该有机金属化合物是烃溶性有机金属化合物，该烃溶性有机金属化合物具有选自第一和第二排过渡金属的

金属。

46. 权利要求45的燃料，其中该有机金属化合物选自五羰基铁、环烷酸铁、二茂铁和其组合。

47. 权利要求42的燃料，其中高沥青烯碳质燃料选自残余燃料油和煤炭。

48. 权利要求47的燃料，其中以占高沥青烯碳质燃料的量的大约0.5ppm-大约10,000ppm的量提供植物提取物。

49. 权利要求48的燃料，其中以占高沥青烯碳质燃料的量的大约200ppm-大约2000ppm的量提供植物提取物。

50. 权利要求49的燃料，其中以占高沥青烯碳质燃料的大约800ppm的量提供植物提取物。

51. 权利要求42的燃料还包含选自绣线菊油、类胡萝卜素、抗氧化剂和其组合的材料。

52. 权利要求42的燃料，还包含绣线菊油、类胡萝卜素和抗氧化剂。

53. 权利要求52的燃料，其中该类胡萝卜素包括 β -胡萝卜素。

54. 权利要求52的燃料，其中该抗氧化剂包括二氢喹啉。

55. 权利要求54的燃料，其中该二氢喹啉包括2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉。

56. 权利要求42的燃料，其中该植物提取物是通过烃溶性极性或非极性溶剂提取的。

残余燃料油添加剂

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2005年12月21日提交的临时申请号60/753,318的权益,将该文献的整个公开内容引入供参考。

技术领域

[0002] 本发明涉及具有高沥青烯含量的碳质燃料例如残余燃料油和煤炭的燃料添加剂。通过使用此种燃料添加剂得到的利益可以包括降低的颗粒物质排放物、降低的氧化氮排放物和改进的燃烧效率中的一种或多种。

发明背景

[0003] 具有高沥青烯含量的碳质燃料例如残余燃料油和煤炭当燃烧时往往释放大量能量,因此,可用于其中需要低成本、高能量燃料的应用。然而,此种高沥青烯碳质燃料通常在比其它烃燃料效率低的情况下燃烧,并且通常可能包含大量不希望的化合物,所述限制燃烧并且导致提高的污染水平。

[0004] 残余燃料油(也称为"残油"或"残油燃料")通常是较轻质石油产品的蒸馏之后剩余的低级产物,所述较轻质石油产品可以包括汽油、喷气燃料、柴油、4号燃料油和5号轻质或重质燃料油。残余燃料油的实例包括6号燃料油和船用C级燃料油。

[0005] 称为"沥青烯"的化合物通常包括多核芳族化合物和/或多环材料。虽然世界的某些部份例如北美洲往往具有限制燃料例如残余燃料油中沥青烯的量的规格,但是此类燃料与其它较轻质烃燃料相比仍然具有较高水平的沥青烯。例如,在美国,规格将残余燃料油的沥青烯含量限制到小于大约8wt%。然而,在世界其它地区,沥青烯规格往往不存在,或显著地高于北美洲中的那些。因此,在世界其它地区的残余燃料油可以具有10wt%或更高的沥青烯含量。作为相当重质的

碳质燃料，煤炭也往往具有高浓度的环结构，所述环结构可能包括蒽和菲，该蒽和菲对本说明书来说将包括为"沥青烯"。应该指出的是，随着煤炭变得"年长"，更多这样的环形成并变得相互连接以致煤炭也可以认为是高沥青烯碳质燃料。对本说明书来说，术语"高沥青烯碳质燃料"旨在广泛地涵盖沥青烯含量至少4wt %的碳质燃料。

[0006]可能由高沥青烯碳质燃料的燃烧产生的污染物的实例包括臭氧、颗粒物(PM)、一氧化碳、氧化氮(NO_x)、二氧化硫、多核芳族化合物和可溶性有机级分。在美国，许多位置和国家机构具有或正采取环境空气质量标准，该质量标准可能要求降低来自高沥青烯碳质燃料的燃烧的排放物。残油的使用者包括发电厂和远洋船。在南加利福尼亚，例如，进入洛杉矶港口的船的排放物认为是区域空气污染的主要起因。

[0007]炼油厂已经花费了相当大的努力来配制降低排放物的燃料。配制顺应性燃料的最常用的途径包括调节精炼工艺使得制备满足合适的政府机构提出的规格的燃料。然而，此种途径对残余燃料是困难的，并且此种途径的缺点包括重新设置炼油厂工艺的高成本，和对其它精炼产物的数量或质量的可能的消极影响。

发明内容

[0008]本发明的实施方案包括可以为高沥青烯碳质燃料提供改进的燃烧特性的体系、方法和组合物。可以通过本发明实施方案改进的燃烧特性的实例包括提高的燃烧效率，和降低的污染物排出中之一或两者。可以降低的污染物的实例包括臭氧、颗粒物(PM)、一氧化碳、氧化氮(NO_x)、二氧化硫、多核芳族化合物和可溶性有机级分中一种或多种。

[0009]在一些实施方案中，提供了包含植物提取物的燃料添加剂。在本说明书中，术语"植物提取物"旨在广泛地涵盖所有类型的植物的提取物，排除树根和树皮，并且甚至包括植物例如藻类。适合的植物提取物是得自绿色及其它颜色植物的提取物，因为此类植物往往具有高浓度的合乎需要的提取物。然而，甚至白色和浅色植物包括此类提

取物，但是浓度更低。尤其适合的提取物得自绿色及其它暗色多叶植物例如得自豆科类的那些，包括牛毛草、alfaque和苜蓿。

[0010]在一个优选的实施方案中，将植物提取物与有机金属材料结合。有机金属化合物的归入特别可用于处理具有尤其高沥青烯含量(8 wt. %或更高)的燃料。有机金属材料的实例是烃溶性有机金属化合物，包括选自第一和第二排过渡金属的金属。尤其有利的一种金属是铁，尤其适合的有机金属材料包括五羰基铁、环烷酸铁、二茂铁和其组合。燃料添加剂可以任选地包括油溶性载体。适合的油溶性载体的实例包括烃例如甲苯、芳族共混物、石脑油、汽油、柴油、喷气燃料和它们的混合物。在一个实施方案中，油溶性载体是未氧化的。

[0011]在某些实施方案中，燃料添加剂可以包括其它任选的成分。此类任选的成分可以包括载氧体、稳定性助剂、润滑性助剂、抗氧化剂和燃烧改进剂中的一种或多种。绣线菊油可以用作稳定性助剂、抗氧化剂和润滑性助剂。适合的载氧体包括类胡萝卜素。抗氧化剂的实例包括1,2-二氢喹啉，具体来说，2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉。燃烧改进剂的实例包括称为十六烷值改进剂或点火加速剂的化合物。燃烧改进剂的实例包括硝酸烷基酯例如硝酸2-乙基己酯。

[0012]在本发明的另一个实施方案中，高沥青烯碳质燃料的燃烧特性的改进方法包括在燃烧之前或期间将上述燃料添加剂添加到高沥青烯碳质燃料中。

[0013]在本发明的另一个实施方案中，提供了加添加剂的高沥青烯碳质燃料，其包含高沥青烯碳质燃料和上述燃料添加剂。

[0014]在本发明的另一个实施方案中，燃料添加剂的制备方法包括将植物提取物与油溶性载体和有机金属材料、载氧体、稳定性助剂、润滑性助剂、抗氧化剂和燃烧改进剂中的一种或多种混合。在本发明的另一个实施方案中，在不含氧或降低氧的气氛中制备燃料添加剂，并且任选地可以包括在制备期间排除UV辐射源的步骤。在另一个实施方案中，使用未氧化的油溶性载体和未氧化的载氧体。

[0015]在本发明各种实施方案中使用的植物提取物可以通过溶剂

萃取从使用烃溶性溶剂的整套设备获得。对于萃取可以使用极性或非极性烃溶性溶剂。由提取工艺产生的提取物是包含超过300种独立化合物的原料。在一个实施方案中，提取物具有糊剂或泥浆状稠度，其可以称作固体或半固体，而不是液体。此种提取物通常包含叶绿素A和叶绿素B，其中叶绿素A的浓度高于叶绿素B。此种提取物的颜色通常是深黑色-绿色，具有某种程度的荧光性。此种提取物可以从大多数植物回收，但是绿色和更暗色多叶植物往往具有更高的浓度。得自豆科类植物的提取物是适合的。虽然此种固体或半固体形式通常认为对大多数实施方案是优选的，但是在其它实施方案中，液体或其它形式可能是适合的，甚至可能是优选的。另外，还可以代替天然植物提取物或与之同地使用合成材料，例如合成类胡萝卜素、叶绿素或叶黄素(xanthophylls)。

[0016] 前述已经相当广泛地概括了本发明的特征和技术优势，以便随后的本发明详细说明可以更好地理解。将在下文中描述本发明的附加特征和优点，它们形成本发明权利要求的主题。本领域技术人员应该领会，所公开的概念和特定实施方案可以容易地用作改进或设计进行本发明相同目的其它结构的基础。本领域技术人员还应认识到，这些等同的构造不脱离所附权利要求书所列出的本发明精神和范围。当连同附图一起考虑时，认为是本发明特征(至于其构造和操作方法)的新颖特征，以及其它目的和优点将从以下说明书更好地理解。然而，应清楚地认识到，每个附图仅是为了说明和描述而提供的，不希望构成对本发明的限制。

附图说明

[0017] 为了更完全地理解本发明，现将结合附图参考以下描述，其中：

[0018] 图1是对于EERC试验中使用的各种燃料添加剂在炉子出口处测量的 NO_x 排放物的曲线；

[0019] 图2是对于EERC试验中使用的各种燃料添加剂在袋滤室处测量的 NO_x 排放物的曲线；

[0020]图3是EERC试验的粉尘浓度的曲线;

[0021]图4是EERC试验的除以燃料燃烧率的热通量对过量空气的曲线; 和

[0022]图5是EERC试验的进料速率对温度的曲线。

具体实施方式

[0023]本说明书中使用的术语" β -胡萝卜素混合物"定义为大约89-大约98%反式 β -胡萝卜素与大约2-11%各种顺式 β -胡萝卜素异构体或其它多不饱和共轭烃的混合物。此种 β -胡萝卜素混合物的实例是ISOMIXTENE[®], 由DSM Nutritional Products, Inc., Parsippany, New Jersey销售的产品。

[0024]本发明的实施方案涉及改进高沥青烯碳质燃料的燃烧特性的体系、方法和组合物。可以改进的燃烧特性的实例包括提高的燃烧效率和一种或多种污染物例如臭氧、颗粒物(PM)、一氧化碳、氧化氮(NO_x)、二氧化硫、多核芳族化合物和可溶性有机级分的降低的排放。

[0025]在一个实施方案中, 燃料添加剂包含植物提取物。适合的植物提取物包括得自绿色多叶植物材料的提取物。尤其有用的植物提取物是得自豆科类植物的提取物, 所述提取物可以包括牛毛草提取物、alfesque提取物、苜蓿提取物和其组合。可以按满足以下条件的量提供植物提取物, 即待处理的高沥青烯碳质燃料包括大约0.5ppm-大约10.000ppm, 优选大约200ppm-大约2000ppm, 更优选大约800ppm的植物提取物重量浓度。不希望受到理论束缚, 应该相信此类植物提取物的氧聚集性能为高沥青烯碳质燃料例如残余燃料油和煤炭的燃烧提供有利的改进。

[0026]可以使用为本领域的技术人员熟知的提取法获得植物提取物。通常优选使用极性或非极性烃溶性溶剂的溶剂提取法。可以使用能够从植物材料中分离适合的级分的任何适合的提取溶剂。适合的非极性溶剂包括含大约5或更少至12或更多个碳原子的环状、直链和支链烷烃。无环烷烃溶剂的具体实例包括戊烷、己烷、庚烷、辛烷、壬烷、癸烷、混合己烷、混合庚烷、混合辛烷、异辛烷等。环烷烃溶剂的实

例包括环戊烷、环己烷、环庚烷、环辛烷、和甲基环己烷等。烯烃例如己烯、庚烯、辛烯、壬烯、和癸烯也是适用的，同样可使用芳族烃例如苯、甲苯、和二甲苯。也可使用卤代烃如氯苯、二氯苯、三氯苯、二氯甲烷、氯仿、四氯化碳、全氯乙烯、三氯乙烯、三氯乙烷和三氯三氟乙烷。通常优选的溶剂是C₆-C₁₂烷烃，特别是正己烷。

[0027]适合的极性溶剂可以包括但不限于，丙酮、甲基乙基酮、其它酮，甲醇、乙醇、其它醇，四氢呋喃，二氯甲烷，氯仿或任何其它适合的极性溶剂。

[0028]己烷提取是从植物材料中提取油的常用技术。它是提取植物材料中几乎所有油溶性级分的高效提取方法。在典型的己烷提取中，将植物材料粉碎。草和多叶植物可切成小块，而通常将种子研磨或切成薄片。可以将植物材料粒化成1/2至3/4英寸的粒料。通常使植物原料在升温下暴露于己烷中。己烷(溶出油的易燃、无色、挥发性溶剂)通常仅让很少重量百分率的油留在残留植物材料中。可将所述油和溶剂混合物加热至大约或大于100℃以除去大部分己烷，然后可以被蒸馏除去所有痕量的己烷。或者，可以通过在减压下蒸发除去己烷。所得植物提取物适用于制备本发明的燃料添加剂。

[0029]其它提取方法包括超临界流体提取法，通常用二氧化碳。但是其它气体例如氨、氩、氙和氮气也可适合在超临界流体提取法中用作溶剂。

[0030]另一种有用的提取方法是机械压榨，亦称螺旋压榨机压榨，其用连续从动的螺杆除去油，该螺杆将种子或其它含油材料压成浆，从浆中榨出油。该过程中产生的摩擦可产生在约50℃和90℃之间的温度，或者可施加外热。冷榨一般是指在40℃或更低的温度下进行的机械压榨而不施加外热。可以从植物材料获得的油提取物的产率可能取决于许多因素，但是主要取决于植物材料的油含量。例如，野豌豆的典型油含量(己烷提取法，干基)为约4wt %-5wt %，而大麦的油含量为约6wt %-7.5wt %，和苜蓿的油含量为约2wt %-4.2wt %。

[0031]用于食品或化妆品的植物油提取物通常要经过附加的工艺

步骤以除去可能影响外观、保存期限和味觉等的杂质以产生更精制的产品。这些杂质可包括磷脂、粘树胶、游离脂肪酸、色素和植物细粒。不同的方法用来除去这些副产物,包括水沉淀或用有机酸水溶液沉淀。通常通过漂白除去有色化合物,其中通常使油通过吸附剂如硅藻粘土。还可进行除臭,通常涉及利用蒸汽蒸馏。虽然用作本发明燃料添加剂的提取物可以包括这些附加的加工步骤,但是这些附加的步骤通常是不必要的。

[0032]燃料添加剂可以任选地包括有机金属化合物。适合的有机金属化合物是烃溶性有机金属化合物,该烃溶性有机金属化合物包括选自第一和第二排过渡金属的金属,尤其适合的有机金属化合物包括五羰基铁、环烷酸铁、二茂铁和其组合。有机金属化合物的归入认为尤其可用于改进燃料的燃烧特性,该燃料具有尤其高沥青烯含量例如北美洲之外的世界地区中使用的残余燃料油。可以按满足以下条件的量提供有机金属化合物,即待处理的燃料包括大约0.5ppm-大约10,000ppm(按金属),优选大约200ppm-大约2000ppm(按金属),更优选大约800ppm(按金属)的有机金属化合物的重量浓度。不希望受到理论束缚,应该相信有机金属化合物的归入为由植物提取物材料促进的反应提供催化效果。

[0033]燃料添加剂可以进一步包含绣线菊油。绣线菊油具有许多有用的性能,并且可以用作载氧体、稳定性助剂和抗氧化剂。因为用于燃料添加剂的植物提取物具有氧聚集性能,并且因此,可能是不稳定的,材料例如绣线菊油的归入可以帮助维持植物提取物的稳定性和阻止它们的氧化。

[0034]该组合物可以进一步任选地包括至少一种胡萝卜素,其可以按 β -胡萝卜素混合物例如ISOMIXTENE[®]形式提供。虽然公开了类胡萝卜素例如 β -胡萝卜素混合物,但是具有含大约2-11个或更多个共轭双键的扩展的pi或双键结构的其它分子也认为当用作残油或其它烃燃料的添加剂时为此类燃料提供改进的燃烧特性。此类包括双键结构的分子的结构部分可以由至少一个端基封端,该端基还包含饱和或不饱

和的芳族、环状或支化5-8碳结构部分。实例包括环戊烷、环戊烯、环己烷、环己烯、环庚烷、环庚烯、异戊烷或异戊烯。芳族结构也认为是扩展的 π 结构。不饱和/芳族部分和端基还可以包括各种其它取代基,例如羟基、酮基、烷基、烯基和其组合。此外,添加剂分子可以包含12-大约40或50个碳原子。此类分子发现在合成胡萝卜素前体的混合物中。此类添加剂可以由天然或合成源获得。

[0035]另外,番茄红素是适合的胡萝卜素的另一个实例。其它适合的类胡萝卜素和胡萝卜素前体在1956年发布的德国专利954,247中进行了公开,该文献引入供参考。

[0036]如果燃料添加剂包含胡萝卜素,则它可以进一步包含抗氧化剂。适合的抗氧化剂包括烷基酚例如2-叔丁基苯酚、2,6-二叔丁基苯酚、2-叔丁基-4-正丁基苯酚、2,4,6-三叔丁基苯酚、2,6-二叔丁基-4-正丁基苯酚和它们的混合物。这些抗氧化剂适合用作中间级分燃料的稳定剂。其它抗氧化剂包括受阻酚抗氧化剂例如2,6-二-叔-丁基-4-甲基苯酚;2,6-二-叔-丁基苯酚;2,2'-亚甲基双(6-叔-丁基-4-甲基苯酚);正十八烷基3-(3,5-二-叔-丁基-4-羟苯基)丙酸酯;1,1,3-三(3-叔-丁基-6-甲基-4-羟苯基)丁烷;季戊四醇四[3-(3,5-二-叔-丁基-4-羟苯基)丙酸酯];二-正十八烷基(3,5-二-叔-丁基-4-羟苯基)膦酸酯;2,4,6-三(3,5-二-叔-丁基-4-羟苯基)均三甲苯;三(3,5-二-叔-丁基-4-羟苯基)异氰脲酸酯,衍生自季戊四醇、(3-烷基-4-羟苯基)-链烷酸和烷基硫链烷酸或此类酸的低级烷基酯的季戊四醇共酯,和其组合。此类稳定剂可与通常对氧化和/或热恶化敏感的有机材料一起使用。还有用的是丙二酸、十二醛和牛油脂肪胺的反应产物;受阻的亚磷酸苯酯;受阻吡啶羧酸及其金属盐;2,6-二羟基-9-杂氮双环[3.3.1]壬烷的酰化衍生物;双环受阻胺;二烷基-4-羟基苯基三嗪的含硫衍生物;双环受阻氨基酸和其金属盐;三烷基取代的羟苯基丙二酸酯;受阻吡啶羧酸及其金属盐,吡咯烷二羧酸和酯;N,N-二取代的 β -丙氨酸的金属盐;硫代亚烷基亚磷酸烷基酯;硫代亚烷基亚磷酸羟苯基酯等。

[0037]可用于本发明的特定抗氧化剂是喹啉或氢化喹啉化合物例如1,2-二氢喹啉化合物。更具体地说,6-乙氧基-1,2-二氢-2,2,4-三甲基喹啉(通常称为乙氧喹啉)可能用作抗氧化剂。乙氧喹啉由Novus International Inc., St. Louis, Missouri以商标SANTOQUIN®销售,并且广泛地用作动物饲料和粮草的抗氧化剂。

[0038]本发明的燃料添加剂还可以包含燃烧改进剂例如十六烷值改进剂或点火加速剂。适合的燃烧改进剂是有机硝酸酯材料。优选的有机硝酸酯是取代或未取代的含至多约10个碳原子,优选2-10个碳原子的烷基或环烷基硝酸酯。烷基可以是线性或支化的。适合的硝酸酯化合物的具体实例包括硝酸甲酯,硝酸乙酯,硝酸正丙酯,硝酸异丙酯,硝酸烯丙酯,硝酸正丁酯,硝酸异丁酯,硝酸仲丁酯,硝酸叔丁酯,硝酸正戊酯,硝酸异戊酯,硝酸2-戊酯,硝酸3-戊酯,硝酸叔戊酯,硝酸正己酯,硝酸2-乙基己酯,硝酸正庚酯,硝酸仲庚酯,硝酸正辛酯,硝酸仲辛酯,硝酸正壬酯,硝酸正癸酯,硝酸正十二烷基酯,硝酸环戊酯,硝酸环己酯,硝酸甲基环己酯,硝酸异丙基环己酯,和烷氧基取代的脂肪醇酯,例如硝酸1-甲氧基-2-丙酯、硝酸1-乙氧基-2-丙酯、硝酸1-异丙基-丁酯和硝酸1-乙氧基丁酯等。优选的硝酸烷基酯是硝酸乙酯、硝酸丙酯、硝酸戊酯和硝酸己酯。其它优选的硝酸烷基酯是硝酸伯戊酯或硝酸伯己酯的混合物。所谓的"伯"是指硝酸酯官能团与戊基或己基的CH₂基连接。硝酸伯己基酯的实例包括硝酸正己酯、硝酸2-乙基己酯和硝酸4-甲基-正戊酯等。硝酸酯的制备可通过任何常用方法完成,例如,适合醇的酯化,或适合的烷基卤化物与硝酸银反应。这些添加剂可以按与燃料添加剂的其它组分相同或不同的量存在。

[0039]燃料添加剂还可以包括稀释剂或溶剂载体。此种载体是有用的,因为一般而言,燃料添加剂的特定组分的低浓度有效获得合乎需要的结果,并且因此,使用载体简化燃料添加剂的添加。载体的使用可以进一步帮助维持组分处于溶解,并且可以帮助阻止组分的氧化。

[0040]用作载体的适合的溶剂包括芳族烃例如甲苯或二甲苯,或

其它烃例如汽油、喷气燃料或柴油中的一种或多种。在一个实施方案中，使用包含各种二甲苯异构体的混合芳族溶剂。这些溶剂的实例包括可在北美洲从ExxonMobil Chemical商购和以品名AROMATIC 100 FLUID和AROMATIC 150 FLUID销售的那些。在一个实施方案中，使用AROMATIC 100 FLUID和AROMATIC 150 FLUID的混合物。

[0041]当将燃料添加剂的特定组分共混时，在无氧或低氧气氛中制备燃料添加剂以阻止燃料添加剂组分的氧化可能是有用的。任选地，可以在其中排除UV辐射源以进一步阻止组分降解的条件下将组分共混。

[0042]在其中燃料添加剂包括植物提取物例如牛毛草提取物、alfesque提取物或苜蓿提取物、绣线菊油和胡萝卜素的实施方案中，植物提取物与胡萝卜素的重量比可以为大约50:1-大约20:1，优选大约24:1-大约10:1。植物提取物的克与绣线菊油的毫升的比例可以为大约12:1-大约20:1，优选大约6:1-大约10:1。绣线菊油的毫升与胡萝卜素的克的比例可以为大约12:1-大约20:1，优选大约6:1-大约1:1。

[0043]在其中燃料添加剂包括胡萝卜素和抗氧化剂的那些实施方案中，胡萝卜素与抗氧化剂的比例可以为大约20:1-大约1:1，优选大约15:1-大约5:1，更优选为大约10:1。

[0044]在本发明的另一个实施方案中，当燃料添加剂包括植物提取物和绣线菊油时，这两种物质可以按大约1:100-大约100:1的重量比提供。在本发明的一个实施方案中，总燃料添加剂组合物中的植物提取物的浓度可以为大约0.06wt%-大约6wt%，优选大约0.12wt%-大约3wt%。绣线菊油的浓度可以为总燃料添加剂组合物的大约0.05wt%-大约5wt%，优选为总燃料添加剂组合物的大约0.5wt%。

[0045]可以将此种燃料添加剂共混到高沥青烯碳质燃料中以致该植物提取物和有机金属材料按上面给出的浓度存在于该燃料中。

[0046]在其中燃料添加剂包括植物提取物、未氧化胡萝卜素、抗氧化剂和绣线菊油的实施方案中，某些因素可用于确定组分的合适的比例。这些因素可以包括燃料将要燃烧的海拔、使用该燃料发动机或

装置的类型和特定的燃料性能。不同类型的发动机或装置的实例包括二冲程柴油发动机和固定式锅炉。相关燃料性能的实例包括硫含量、硫醇含量、烯烃含量、芳烃含量和沥青烯含量。例如，如果燃料具有1wt %或更高的高硫含量，或25wt %或更高的高芳烃含量，可以调节该比例以致提供附加的植物提取物或附加的未氧化胡萝卜素。

[0047]根据本发明的另一个实施方案，提供了加添加剂的燃料，其中如上所述的燃料添加剂与高沥青烯碳质燃料共混。根据本发明的实施方案所配制的燃料组合物可以进一步包含其它已知的添加剂例如清洁剂、抗氧化剂、破乳剂、防腐剂、金属钝化剂、稀释剂、冷流改进剂和热稳定剂。

[0048]根据本发明的另一个实施方案，高沥青烯碳质燃料的燃烧特性的改进方法包括在燃烧之前或期间将此种燃料添加剂添加到高沥青烯碳质燃料中的步骤。

[0049]可以按许多不同的方式将本发明的燃料添加剂残余燃料油。例如，待燃烧的残余燃料油可以被预混合以包括燃料添加剂。在另一个实例中，将燃料添加剂注入正供给燃烧器或其它燃烧设备的残余燃料油料流中。在这样一个实施方案中，可以使用计量注入系统注入燃料添加剂。此种计量注入系统可以任选地通过计算机系统控制，该计算机系统可以优化到燃烧设备的任何或所有组分的流动以优化燃烧设备的操作。

[0050]对于煤炭，可以类似地按许多不同的方式添加此类燃料添加剂。例如，可以在燃烧之前将燃料添加剂喷在煤炭上。或者，可以使用上述计量注入系统将燃料添加剂与煤炭一起泵送或喷入煤炭燃烧器。

EERC实验室试验

[0051]在在Grand Forks, North Dakota.的EERC实验室进行试验批次。将六桶残余燃料油用于该试验。该残余燃料油由在Houston, Texas的Sun Coast Resources供应。所使用的残余燃料油的性能表1中给出。它具有大约2.63%的中等硫含量，在2.40%的水分含量下具

有44.5 MJ/kg的很高发热值。Karl Fischer水含量测定为0.21%。样品的挥发物含量测定为89.30%，其中以8.29%的水平存在固定碳。在2.0%的烟道气氧浓度下，二氧化硫的理论排放限度测定为1714ppm。这等同1.18 kg/MJ的二氧化硫(SO₂)排放率。该残余燃料油具有0.9952的比重，沉积物的量测定为0.05%。表1还提供了所试验的残余燃料油的近似、极限和发热值分析以及硫的理论排放限度。

表1. 燃烧时的残余燃料油分析(标准ASTM *分析)

试验号	AF-CTS-745&746	
燃料描述	残余燃料油	
样品号	05-0165	
	燃烧时	无H ₂ O
近似分析, %		
水分	2.40	--
挥发性物质	89.30	91.48
固定碳	8.29	8.51
灰分	0.01	0.01
最终分析, %		
氢	10.48	10.46
碳	83.41	85.44
氮	0.86	0.88
硫	2.63	2.69
氧	2.62	0.52
灰分	0.01	0.01
热值, MJ/kg	44.25	45.33
最大SO ₂ , ppm@3.5%O ₂	1714	
g/MJ	5.74	
比重@60°F	0.9952	
卡尔费休水, %	0.21	
沉淀物, %	0.05	

*美国材料试验协会

[0052]在试验之前冷却储存残余燃料油。使用机筒加热器加热残余燃料油到121℃，然后将它转移到位于泵上方的进料斗。将机筒加热器捆扎到进料斗的槽上以保持残余燃料油在试验期间是热的，对于在此所示的试验期中的使用，平均为113℃-118℃。虽然油在该温度下看起来是相当粘稠的，但是维持均相以致对于所有试验期达到可容易地控制到燃烧室的进料速率。

[0053]EERC设备的试验装置包括炉子，该炉子具有大约19 kg/hr (845 MJ/hr)的残余燃料油容量。该燃烧室直径为0.76米，高2.44米，并且是耐火材料衬里的以便各种类型的燃料的燃烧试验。可以将炉子直径降低到0.66米以提高进入对流通道的温度。在按这种模式的燃烧试验期间已经达到了高达1400℃的炉子出口气体温度(FEGT)。然而，使用标准构造(0.76米内径)进行大多数试验，其中FEGT维持在1100℃和1200℃之间，但是对于残余燃料油的燃烧通常将FEGT提高到1250℃和1300℃之间。使用位于燃烧室顶部的两类S热电偶来监测FEGT。它们位于在从垂直接转变到水平流的中点相隔180°。通过调节在主和副空气流上的阀门人工地控制过量空气水平。典型的分布是15%主和85%副以达到20%的典型的过量空气水平。

[0054]当将液体燃料例如残余燃料油点火时，使用泵经由双流体喷雾器将燃料输送到燃烧室中。空气或蒸汽常用作雾化流体。通过电力空气加热器将燃烧空气预加热。经由可调节的旋涡燃烧器引入加热的副空气。烟道气从炉子流入10英寸正方形管道，该管道也是耐火材料衬里的。位于管道中的垂直探针组设计用来模拟商业锅炉中的过度加热的表面。在离开探针管道之后，烟道气穿过一系列水冷、耐火材料衬里的换热器和一系列空气冷却换热器，然后经由静电沉降器(ESP)或袋滤室(BH)排放以便除去颗粒。

[0055]在EERC设备，通过在满负荷下和在调节条件下火焰的观察和其与燃烧器耐火砖的关系评价火焰稳定性，该燃烧器耐火砖是副空气旋涡和操作条件的函数。International Flame Research

Foundation (IFRF) 型可调节副空气旋涡产生机使用分别占总空气的大约15%和85%的主和副空气来调节0和1.9的最大值之间的旋涡。旋涡定义为由燃烧器内的活动块施加到副空气上的径向(切向)动量与轴向动量的比例并且用来在火焰内设置内回流区(IRZ),该回流区允许燃烧空气和燃料的更大混合。旋涡由运动块施加以设置径向流和切向流的更替路径以在副空气流上产生旋转,该旋转增加近燃烧器区域中的湍流。

[0056]在旋涡块的全开状态下,副空气穿过未受影响的旋涡燃烧器,并且该气流的动量仅具有轴向分量以致空气作为射流进入燃烧室。当该块的角度改变时,空气开始旋转或"旋涡"并且形成动量的径向分量,从而在近燃烧器区域中产生IRZ。它是该动量的这一径向分量与形成定义为旋涡的数量的轴向分量的比例。

[0057]在火焰稳定性试验期间由EERC使用的可调节旋涡燃烧器由两个环形板和两串联连锁楔形块构成,每一串连锁楔形块与该板之一连接。该两组块可以形成交替的径向和切向流动通道,以致空气流分成相等数的径向和切向气流,该气流在远下游结合成一个涡流。通过简单地旋转活动板,径向通道逐渐地封闭并且切向通道打开以致角动量的所得通量在零和最大值之间连续地增加。这种最大旋涡设置取决于旋涡产生机的总气流速率和几何形状。旋涡可以由活动块的尺寸(该块体的切向和径向开口的比例)计算或由空气流的速度测量(获得径向和轴向分量)计算。

[0058]用来副空气旋涡来使火焰稳定。在没有旋涡的情况下,可能导致火焰的损失,从而提高粉尘飞扬的风险。当将旋涡施加到燃烧空气上时,燃料小液滴夹带在IRZ中,从而提高颗粒的加热速率和导致挥发物的提高的释放和焦炭燃烧。随旋涡增加到最佳水平,火焰变得更紧凑和强烈,这在EERC试验设备中表征为火焰与燃烧器耐火砖接触的点。将旋涡提高到远大于该水平可以将火焰拉入燃烧器区域,不必要将金属燃烧器元件暴露到煤炭管子中的火焰和可能的燃烧的高温中。通过移动与活动块组件连接的杆臂人工地进行向旋涡设置的调节

在线性标度尺上记录该块体的位置。

[0059] 提高旋涡以提供火焰稳定性和提高的碳转化也可以影响 NO_x 的形成。与提高旋涡有关的高火焰温度和提高的燃料-空气混合产生 NO_x 可以形成的理想情况。在具有可调叶片的全尺寸燃烧器中，通常将旋涡增加到达到碳转化的最佳条件，然后稍微减小以降低 NO_x 的产生。

[0060] 在EERC设备的一般试验方法将燃烧器设置在其最高旋涡和监视器系统参数例如燃料供给速率、过量空气、气态排放物例如 O_2 、 CO_2 、 CO 、 SO_2 和 NO_x 、燃烧室静电和气流速率的水平。经由炉子中的窥视孔在燃烧器锥正上方使用标准35 mm薄膜取得火焰和燃烧器区域的照片。还使用快速反应热电偶(HVT)在炉子中的一组位置测量火焰温度，并且在相同位置使用基线热通量探针监测热通量。在每种旋涡设置下收集灰分样品以达到碳烧尽。然后降低该旋涡设置直到视觉上观察到火焰从燃烧器耐火砖升起。此时，火焰在满载条件下表现为不稳定，该满载条件在633和686 MJ/hr燃烧率之间。再次取得照片以记录在这种设置下的火焰，取得温度和热通量测量值，并再次取得灰分样品。一旦火焰升起形成，通过火焰的目测定位最佳旋涡设置，并再次记录测量值。

[0061] 在调节条件下的火焰稳定性如下表征：在减少的负荷（通常为满负荷速率的一半至四分之三）下使试验燃料燃烧，维持相同的主空气流，并调节副空气流以满足过量空气要求。使用如上所述的程序来确定在减少的负荷下的火焰稳定性。

[0062] CTF使用两组Rosemount NGA气体分析器来监测 O_2 、 CO 、 CO_2 和 NO_x 。通过Ametek制造的分析器监测二氧化硫(SO_2)。在炉子出口和颗粒控制装置出口设置分析器。按干基报道气体分析。Baldwin Environmental制造用来从每个气体样品中除去水蒸气的烟道气调节剂。不断地监测烟道气成分并通过CTF的数据获取系统记录。

[0063] 用来表征火焰形状和强度的探针之一是基线热通量探针。该探针使用水来从2.5 cm厚不锈钢尖端获得热，该不锈钢尖端插入辐

射区域侧壁中的端口中以致其表面与燃烧室内壁齐平。通过涡轮机流量计测量水流量并通过Type K热电偶在入口和出口水流中测量水的温度。嵌入探针的外和内表面中的两个热电偶监测金属温度。由这些值计算热通量。

[0064]除了基线热通量探针之外,还使用HVT在相同位置测量真实气体温度。将该探针水冷以保护其不锈钢外壳不受燃烧火焰的高温。Type S热电偶停止在其中心并且通过由绝热板制成的尖端屏蔽火焰和耐火砖墙的辐射。使用真空泵汲取气体按某种速率通过热电偶接点,该速率足以达到按120m/sec的速度通过热电偶接点。以这种速度,热传递的辐射分量被最小化并且对流热交换是主要的。这样,可以在没有到热电偶接点或来自该热电偶接点的辐射的干涉下获得真实气体温度。

[0065]在试验装置ESP或BH的入口和出口处通过各种装置获得飞灰样品。美国环境保护局(EPA)方法5用来确定烟道气中的颗粒物(PM)浓度。高体积样品提取和试验装置控制装置集料斗可以提供用于研究的大样品。

[0066]在燃烧器中的雾化之前将残余燃料油样品加热以降低燃料粘度。在雾化喷嘴附近借助于专门设计的计量注入系统将燃料添加剂添加到热燃料流中。在注入系统中,燃料流量计用来确定燃料流量,输出物供给PID控制器,该PID控制器然后控制化学物质计量泵的流速。对燃料流速的任何改变动态地调节燃料添加剂的浓度。将计量泵的输出物注入正在流动的热燃料中,从而产生燃料添加剂的小液滴在燃料中的分散体。该混合物然后穿过静态混合段,该混合段确保经处理的燃料在该燃料进入燃烧器的雾化部分之前均匀地与燃料混合。

[0067]在EERC设备进行试验三天,其中炉子出口气体温度(FEGT)在1250℃和1315℃之间并且处于10%或其附近的过量空气水平。这对应于在炉子出口处烟道气中大约2.0%氧气。在这些试验中的每一个期间调节残余燃料油燃烧率和燃烧空气流速以维持这些水平。在第四天,在1250℃和1315℃之间的FEGT下并在5%或其附近的过量空气水平下

进行每个试验。表2至7提供了在试验的每天期间每个试验期的基线和操作条件的批次平均概要。残余燃料油进料速率的控制通过调节泵的速度控制器上的设定点来完成。该控制器然后调节泵速以维持进料速率处于所需水平。通过人工地调节在主和副空气流每一个上的阀位达到过量空气水平。在所有试验期间将BH用于颗粒控制。

[0068]采用天然气将炉子预加热到1290℃保持至多8小时,然后开始每天的试验。通过调节控制阀维持炉子压力接近-1托,该控制阀将环境空气共混到抽风风扇入口处的管道中。

[0069]两组分析器监测气态排放物并且在以下表2至6中的每一个中指定为炉子出口和BH出口。在污垢探针组下游大约1米将炉子出口分析物取样。在每个试验期间这种氧气水平用来控制过量空气水平。通常从BH后的管道获得BH出口分析物。因为在试验系统后端的高真空和大量法兰连接,空气渗漏到管道中导致烟道气氧浓度增加1-2%。每一组分析器的氧分析用来将所考虑的气态排放物校正到20%的恒定过量空气水平(3.5% O₂)。用来校正在此报道的排放水平的计算为:

校正的SO₂, ppm=[真实SO₂, ppm] × [21-3.5(目标O₂, %)]/[21-真实O₂, %]

[0070]在每一试验开始之前通常将气体分析器调零并调满量程。当结果可疑或出乎意料时,进行分析器的附加校准。

[0071]在试验AF-CTS-751、753、755、756-1和758(两次)中,主要目标是确定基线操作特性,各种气体物质的排放率和在各种操作条件下作出的功。此外,收集飞灰取样来测定进入BH的气流的含尘量(或PM)。这些试验的结果提供在表2至6中。一旦在从天然气转换到残余燃料油之后达到稳定的燃烧条件,就使用HVT、基线热通量探针和小旋风分离器进行一系列测量以获得飞灰样品。对于在该试验系列期间进行的所有试验期,对副空气流的旋涡设置保持恒定在3.5。

[0072]在所有其它试验中,主要目标是确定各种燃料添加剂对降低所调节的气态排放物和提高所产生的功的有效性。在此使用相同的试验规程测定燃料添加剂的有效性。这些试验的结果提供于表2至7中。

作为试验规程的一部分，基线操作的时期通常在其中评价燃料添加剂的所有试验期前面。

[0073]下面是这种研究中使用的燃料添加剂配方：

[0074]添加剂2：5 mL 绣线菊油 ($d=0.91$ g/mL)；5.1 g 牛毛草提取物(己烷提取)和995 mL AROMATICS 150 FLUID ($d=0.90$ g/mL)；不在手套箱中制备；

[0075]添加剂5：5 mL 绣线菊油 ($d=0.91$ g/mL)；5.2 g alfeque 提取物(己烷提取)；2 mL 2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉 ($d=1.03$)；1.6 g ISOMIXTENE®和993 mL AROMATIC 100 FLUID ($d=0.87$ g/mL)；在手套箱中在非氧化条件下制备；

[0076]添加剂6：80 % (v/v) 组分1和20 % (v/v) 组分2，其中：分量1：5 mL 绣线菊油 ($d=0.91$ g/mL)；5.1 g alfeque 提取物(己烷提取)和995 mL AROMATICS 150 FLUID ($d=0.90$ g/mL)；不在手套箱中制备；组分2：硝酸2-乙基己酯。

[0077]添加剂7：80 % (v/v) 添加剂5和20 % (v/v) 硝酸2-乙基己酯。

[0078]添加剂8：0.5 mL 2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉 ($d=1.03$)；0.8 g ISOMIXTENE®；2.5 mL 绣线菊油 ($d=0.91$)；0.39 g 牛毛草提取物(己烷提取)和500 mL AROMATIC 100 FLUID ($d=0.87$)；在手套箱中在非氧化条件下制备。

[0079]添加剂9：0.5 mL 2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉 ($d=1.03$)；0.8 g ISOMIXTENE®；2.5 mL 绣线菊油 ($d=0.91$)；0.39 g alfeque 提取物(乙醇提取)和500 mL AROMATIC 100 FLUID ($d=0.87$)；在手套箱中在非氧化条件下制备。

[0080]添加剂10：0.5 mL 2,2,4-三甲基-6-乙氧基-1,2-二氢喹啉 ($d=1.03$)；0.8 g ISOMIXTENE®；2.5 mL 绣线菊油 ($d=0.91$)；0.39 g alfeque 提取物(己烷提取)和500 mL AROMATIC 100 FLUID ($d=0.87$)；在手套箱中在非氧化条件下制备。

[0081]以下表提供残余燃料油和所列燃料添加剂的试验结果。

表2. 基线和试验批次平均操作参数-AF-CTS-745

试验号	AF-CTS-745		AF-CTS-745		AF-CTS-745	
描述	残余燃料油		残余燃料油		残余燃料油	
天	1		1		1	
测试周期	1		2		3	
时间	11:13-12:13		16:26-17:26		17:36-17:58	
旋涡设定	3.5		3.5		3.5	
燃料进料速率, kg/hr	16.6		15.9		15.6	
燃烧速率, MJ/hr	728.77		705.00		691.54	
添加剂	无		添加剂2		添加剂2	
添加速率, mL/hr	N/A		30		60	
烟道气分析	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口
O ₂ , %	2.19	3.22	2.06	3.02	1.92	2.77
CO ₂ , %	14.23	13.14	14.13	12.88	14.19	12.79
SO ₂ , ppm	1716	1687	1717	1681	1707	1678
NO _x , ppm	169	131	161	106	156	128
CO, ppm	4.20	12.03	4.58	11.98	4.56	12.18
过量空气, %	11.11		10.38		9.61	
在3.5%O ₂ 下的排放						
SO ₂ , ppm	1733	1803	1722	1776	1700	1749
SO ₂ , g/MJ	5.90	6.13	5.86	6.05	5.80	5.97
NO _x , ppm	171	140	162	112	155	133
系统温度, °C						
强制抽风机出口	63.3		66.1		66.1	
主空气	283		281		279	
副空气	341		341		340	
FEGT	1286		1288		1282	
BH入口	179		176		176	
BH出口	146		144		144	

烟囱	82.8	95	93.3
油进料	88.9	88.9	89.4
热通量探针			
温度, °C			
HVT	1334	1353	1343
表面金属1	982.7	957.8	948.9
表面金属2	963.3	938.9	920.6
背面金属1	740.5	701.7	693.9
背面金属2	687.8	662.2	652.8
排出水	25.9	29.4	29.9
进入水	18.7	20.7	20.6
水流量, l/min	3.37	2.99	2.97
热通量, MJ/m ² -hr	1011	1073	1154
发现的燃烧器Quarl沉积物	有	有	无

表3. 基线和试验批次平均操作参数-AF-CTS-753

试验号	AF-CTS-753		AF-CTS-753		AF-CTS-753	
描述	残余燃料油		残余燃料油		残余燃料油	
天	2		2		2	
测试周期	4		5		6	
时间	8:38-11:01		11:33-12:57		14:20-14:35	
旋涡设定	3.5		3.5		3.5	
燃料进料速率, kg/hr	17.5		17.0		15.4	
燃烧速率, MJ/hr	775.70		752.45		681.34	
添加剂	无		添加剂5		添加剂5	
添加速率, mL/hr	N/A		30		60	
烟道气分析	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口
O ₂ , %	2.02	2.68	2.03	2.85	2.12	2.91
CO ₂ , %	14.47	13.37	14.33	13.57	14.24	13.49
SO ₂ , ppm	1688	1681	1737	1712	1714	1691

NO _x , ppm	207	173	203	174	205	176
CO, ppm	4.57	16.11	3.98	15.25	3.84	15.53
过量空气, %	10.61		10.22		10.72	
在3.5%O ₂ 下的排放						
SO ₂ , ppm	1702	1743	1740	1792	1725	1776
SO ₂ , g/MJ	6.05	6.53	6.30	6.55	6.26	6.51
NO _x , ppm	207	179	203	182	206	185
系统温度,℃						
强制抽风机出口	58.9		60.6		62.8	
主空气	300		300		301	
副空气	341		341		341	
FEGT	1275		1285		1292	
BH入口	175		175		176	
BH出口	143		143		143	
烟囱	83.9		88.3		90.6	
油进料	93.3		95		93.3	
热通量,						
温度,℃						
HVT	1354		1366		N/A	
表面金属1	981.7		955		N/A	
表面金属2	978.9		947.8		N/A	
背面金属1	702.2		676.1		N/A	
背面金属2	688.9		640.6		N/A	
排出水	29.6		30.1		N/A	
进入水	20.6		20.7		N/A	
水流量, l/min	3.01		2.91		N/A	
热通量, MJ/m ² -hr	1126		1129		N/A	
方法5取得的样品	无		有		无	

表4. 基线和试验批次平均操作参数-AF-CTS-753(续)&754

试验号	AF-CTS-753	AF-CTS-754
描述	油	油
天	2	2

测试周期	7		8	
时间	14:35-15:06		15:37-16:53	
旋涡设定	43.5		3.5	
燃料进料速率, kg/hr	17.1		16.2	
燃烧速率, MJ/hr	758.50		719.34	
添加剂	添加剂5		添加剂6	
添加速率, mL/hr	15		40	
烟道气分析	炉出口	袋滤室出口	炉出口	袋滤室出口
O ₂ , %	1.80	2.59	2.00	2.79
CO ₂ , %	14.49	13.74	14.38	13.55
SO ₂ , ppm	1750	1721	1717	1696
NO _x , ppm	199	171	211	182
CO, ppm	4.18	15.90	4.20	15.80
过量空气, %	8.96		10.0	
在2.0%O ₂ 下的排放				
SO ₂ , ppm	1732	1776	1717	1770
SO ₂ , g/MJ	6.28	6.51	6.19	6.49
NO _x , ppm	197	176	190	211
系统温度, °C				
强制抽风机出口	62.8		62.8	
主空气	300		282	
副空气	341		340	
FEGT	1293		1284	
袋滤室入口	176		173	
袋滤室出口	143		142	
烟囱	91.1		88.3	
油进料	91.7		91.7	
热通量探针				
温度, °C				

HVT	N/A	1343
表面金属1	N/A	972.2
表面金属2	N/A	946.7
背面金属1	N/A	683.3
背面金属2	N/A	643.9
排出水	N/A	30.5
进入水	N/A	21.3
水流量, l/min	N/A	2.85
热通量, MJ/m ² -hr	N/A	1086
方法5取得的样品	无	无

表5. 基线和试验批次平均操作参数-AF-CTS-755

试验号	AF-CTS-755		AF-CTS-755		AF-CTS-745	
描述	油		油		油	
天	3		3		3	
测试周期	9		10		11	
时间	9:20-9:44		9:48-10:14		10:15-10:41	
旋涡设定	3.5		3.5		3.5	
燃料进料速率, kg/hr	17.2		16.5		16.9	
燃烧速率, MJ/hr	761.88		730.94		746.65	
添加剂	无		添加剂7		添加剂7	
添加速率, mL/hr	N/A		40		80	
烟道气分析	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口
O ₂ , %	1.80	2.78	1.95	2.94	1.90	2.92
CO ₂ , %	14.55	14.01	14.42	13.87	14.46	13.88
SO ₂ , ppm	1773	1707	1751	1696	1753	1693
NO _x , ppm	182	167	185	170	185	168
CO, ppm	6.82	19.22	7.05	18.18	10.46	22.44
过量空气, %	8.96		9.77		9.50	

在2.0%O ₂ 下的排放						
SO ₂ , ppm	1755	1780	1746	1784	1744	1779
SO ₂ , g/MJ	6.32	6.32	6.32	6.34	6.32	6.34
NO _x , ppm	180	174	185	179	184	177
系统温度,℃						
强制抽风机出口	61.1		61.7		62.2	
主空气	284		283		283	
副空气	342		342		342	
FEGT	1274		1273		1276	
BH入口	178		177		177	
BH出口	145		144		144	
烟囱	90		90.6		90.6	
油进料	93.9		93.3		93.3	
热通量探针						
温度,℃						
HVT	1288		1299		N/A	
表面金属1	935		939.4		N/A	
表面金属2	912		917.8		N/A	
背面金属1	655		662.8		N/A	
背面金属2	622.8		633.3		N/A	
排水	30.07		30.38		N/A	
进入水	21.41		21.59		N/A	
水流量, l/min	2.79		2.75		N/A	
热通量, MJ/m ² -hr	997.6		998.5		N/A	
方法5取得的样品	无		无		无	

表6. 基线和试验批次平均操作参数-AF-CTS-756 & 757

试验号	AF-CTS-756-1	AF-CTS-756-2	AF-CTS-747
描述	油	油	油

天	4		4		4	
测试周期	12		13		14	
时间	9: 19-11: 00		11: 02-12: 26		13: 19-15: 14	
旋涡设定	3. 5		3. 5		3. 5	
燃料进料速率, kg/hr	16. 3		16. 0		15. 8	
燃烧速率, MJ/hr	723. 13		707. 01		701. 21	
添加剂	无		添加剂8		添加剂9	
添加速率, mL/hr	N/A		40		40	
烟道气分析	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口
O ₂ , %	0. 98	1. 71	1. 03	1. 77	1. 14	1. 87
CO ₂ , %	15. 22	14. 48	15. 19	14. 42	15. 07	14. 35
SO ₂ , ppm	1796	1861	1867	1847	1845	1856
NO _x , ppm	186	175	193	180	176	172
CO, ppm	43. 0	65. 0	12. 5	22. 4	10. 3	18. 8
过量空气, %	4. 68		4. 94		5. 49	
在2. 0%O ₂ 下的排放						
SO ₂ , ppm	1794	1833	1776	1825	1765	1843
SO ₂ , g/MJ	6. 14	6. 68	6. 38	6. 66	6. 36	6. 72
NO _x , ppm	177	172	184	178	168	171
系统温度,℃						
强制抽风机出口	55		56. 1		57. 8	
主空气	270		269		269	
副空气	338		338		338	
FEGT	1287		1289		1286	
BH入口	171		179		178	
BH出口	138		144		144	
烟囱	72. 8		77. 2		81. 1	
油进料	90. 6		88. 3		89. 4	
热通量探针						

温度,℃			
HVT	1288	1290	1296
表面金属1	961.7	967.8	955
表面金属2	948.3	945	932
背面金属1	696.1	702.8	700.6
背面金属2	666.1	672.2	671.1
排出水	29.42	29.93	30.44
进入水	20.19	20.79	22.11
水流量, l/min	2.66	2.61	2.46
热通量, MJ/m ² -hr	1020	983.4	848.4
方法5取得的样品	有	有	有

表7. 基线和试验批次平均操作参数-AF-CTS-758

试验号	AF-CTS-758		AF-CTS-758		AF-CTS-748	
描述	油		油		油	
天	4		4		4	
测试周期	15		16		17	
时间	15:27-15:48		15:48-17:06		17:06-17:34	
旋涡设定	3.5		3.5		3.5	
燃料进料速率, kg/hr	15.9		15.9		15.8	
燃烧速率, MJ/hr	705.56		706.53		702.66	
添加剂	无		添加剂10		无	
添加速率, mL/hr	N/A		40		N/A	
烟道气分析	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口	炉出口	BH出口
O ₂ , %	1.14	1.87	1.09	1.84	1.14	1.86
CO ₂ , %	15.09	14.45	15.11	14.38	15.07	14.35
SO ₂ , ppm	1844	1845	1844	1850	1837	1836
NO _x , ppm	177	168	180	172	183	174
CO, ppm	11.7	21.6	11.8	22.0	8.6	18.3

过量空气, %	5. 49		5. 24		5. 49	
在2. 0%O ₂ 下的排放						
SO ₂ , ppm	1764	1832	1760	1835	1757	1823
SO ₂ , g/MJ	6. 34	6. 64	6. 34	6. 68	6. 32	6. 64
NO _x , ppm	169	167	172	171	175	173
系统温度,℃						
强制抽风机出口	58. 3		58. 9		58. 9	
主空气	269		269		269	
副空气	338		338		338	
FEGT	1289		1291		1290	
BH入口	178		176		177	
BH出口	145		144		144	
烟囱	85		85		85. 6	
油进料	89. 5		89. 4		90	
热通量探针						
温度,℃						
HVT	N/A		1296		N/A	
表面金属1	850		906. 7		917. 2	
表面金属2	840		868. 3		875. 6	
背面金属1	571. 7		606. 1		632. 8	
背面金属2	551. 1		585		592. 2	
排出水	30. 69		30. 34		30. 46	
进入水	22. 07		22. 34		22. 47	
水流量, l/min	2. 95		2. 94		2. 91	
热通量, MJ/m ² -hr	1052		966. 9		957. 9	
方法5取得的样品	无		有		无	

[0082]在实际试验的前一天开始初始试运转试验并且包括使基线残余燃料油燃烧以确定在早先进行的第一组燃料添加剂试验之后对体系作出的改变的有效性。这种试运转时期证实所作的改变改进体系的

总体可操作性。作出的许多改变包括将绝缘体添加到各种体系进料管线，将蒸汽管送到燃烧器枪用作油的雾化流体，将混合段添加在燃料进料管线中和将蒸汽加热器添加在储存筒上，该储存筒用来装填给料槽使得维持残余燃料油温度在240°F或其附近。改变的结果允许燃料连续地经由燃烧器枪进料而没有碳沉积物在该枪上或燃烧器耐火砖内的风管上形成。

[0083]对于所有试验时期，维持FEGT接近2350°F。在一些情形下，允许将它升高以观察燃料添加剂对所产生的功的影响，并且在其它情况下，在燃料添加剂注射期间加以维持以测定在维持相同的产生功水平的同时燃料节约的水平。因为燃料和操作参数的改变提供非常稳定的燃烧环境，所以对于所有试验时期燃烧效率非常高。这使得难以监测由燃料添加剂添加引起的燃烧环境的改变。在这期间记录燃烧环境的改变，但是在下面详述。因为监测改变的难度，所以在第4天的试验的最后一天期间将过量空气水平降低到大约5%。

[0084]两组分析器（一组在炉子出口，一组在BH出口）用来测定气流中燃烧产物的浓度。通过CTF数据获取系统连续地监测和记录烟道气O₂、CO、CO₂、SO₂和NO_x的测量值。试验期平均值提供于表2至7中。

[0085]过量空气水平随燃料供给速率的改变波动并且在6月21日至6月23日进行的试验期间从大约9%改变到11%。对于接近10%过量空气的所有试验时期，校正的SO₂排放量相当稳定，处于平均大约1720ppm ± 20ppm。

[0086]数据的分析表明分析可观察量中的每一种是过量空气的强函数。当通过数据点引导样条拟合时，得到比如果综合拟合数据时好得多的对比视图。单独地处理炉子和袋滤室数据。检查炉子和袋滤室的NO_x和CO数据（分别图7和8），发现经处理的批次之一的结果一致地低于在相等过量空气下基线测量的那些。添加剂2显示气态排放物的一致改进。令人惊奇地，这种燃料添加剂显示它的影响，尽管它仅用于具有大约10%过量空气的实验。

[0087]在许多试验时期期间使用美国环境保护局方法5 PM取样在

BH入口处获得测量并表示为含尘量的颗粒物(PM)排放值。此种试验提供各种燃料添加剂在改进残余燃料油燃烧特性方面的有效性的重要证据(见图9)。在第4天的基线试验期间(试验期12),进入BH的含尘量测定为 0.122 g/m^3 。在试验期5期间,以 30 mL/hr 的速度注入添加剂5,其中EPA方法5含尘量显著地降低到 0.0677 g/m^3 ,降低了44.6%。在试验期13中,以 40 mL/hr 的加入速率使用添加剂8,试验期16中的添加剂10也是如此。EPA方法5含尘量在使用添加剂8期间降低到 0.0886 g/m^3 并且在使用添加剂10期间降低到 0.0959 g/m^3 。这折算为分别降低27.5%和降低21.5%。应该指出的是,在试验期5(添加剂5)期间过量空气水平高于试验期12(基线试验期),所以在此记录的一部分降低可以认为是有效氧增加的缘故。然而,试验期13(添加剂8)和16(添加剂10)的情况不是这样。在基线试验期期间过量空气水平大致与该两个记录试验期的相同。

[0088]虽然热通量行为是复杂函数,但是认为至少是燃料燃烧率和过量空气的函数。图10绘制了在EERC测量的热通量除以燃料燃烧率对所报道的过量空气的曲线。数据证实用添加剂2处理的燃料产生的热通量/燃料比例大于对未处理的燃料所观察到的这种比例。对于添加剂2观察到7.6%-10.1%的热通量比的改进。

[0089]红外(IR)摄像机/记录器用来评价火焰温度的任何改变,该改变可能在基线操作和燃料添加剂注射的时期之间发生。这些测量的结果概括在表8中。从下面的数据可能看出,火焰温度的最显著的趋势是油进料速率。这种关系可以参见图6。已经提供了线性回归线的方程式并且计算了 R^2 值。火焰温度不与进料速率充分地拟合,但是确实按那个方向发展。虽然在每天的操作期间在类似的炉子出口气体温度下操作试验炉子,但是相应的火焰温度每天显著地改变,要求达到该温度的进料速率也如此。这表明穿过炉壁的热通量倾向于每天改变。然而,在一天的操作内,仅可以记录小趋势。

[0090]在第一天的试验期间,刚好在燃料添加剂注射之前和在添加剂2的注射之后立即记录的火焰温度保持恒定在 1333°C 。进料速率也

是恒定的。然而，在试验的第二天期间，基线进料速率(试验期4)显著地高于燃料添加剂注射期间。IR摄像机的火焰温度读数在试验期5和7期间恒定在1402℃，该试验期5和7的添加剂5的注射速率分别在30 mL/hr和15 mL/hr。这将表明燃料添加剂对炉子中的放热具有某种影响。在试验期8期间，以40 mL/hr的速率注入添加剂6。虽然火焰温度降低到1392℃，但是在这期间进料速率从基线水平显著降低到16.23 kg/hr。

表8. IR摄像机记录器数据的概要

试验期	天	添加剂	注入速率, (mL/hr)	油进料速率, (kg/hr)	IR火焰温度(℃)
1	第1天	无	无	15.02	1333
2	第1天	添加剂2	30	15.91	1333
4	第2天	无	无	17.50	1402
5	第2天	添加剂5	30	16.98	1402
7	第2天	添加剂5	15	17.12	1402
8	第2天	添加剂6	40	16.23	1392
9	第3天	无	无	17.19	1366
10	第3天	添加剂7	40	16.50	1366
12	第4天	无	无	16.32	1371
13	第4天	添加剂8	40	15.95	1359
14	第4天	添加剂9	40	15.82	1359
15	第4天	无	无	15.92	1362
16	第4天	添加剂10	40	15.94	1360

[0091]在试验期9中达到1366℃的基线火焰温度，其中残余燃料油的进料速率为17.19 kg/hr。在以40 mL/hr的速率注射添加剂7之后，火焰温度在16.50 kg/hr的低进料速率下保持恒定。这代表大致4%的进料减少。在试验的最后一天，初始基线火焰温度记录在1371℃(试验期12)虽然在添加剂8和9的注射期间温度下降到1359℃，但是它在整个当天期间保持相对固定，在随后的基线试验期15期间上升到1362℃。

当以40 mL/hr的速率注射添加剂10时，在试验期16期间基本上无变化。火焰温度保持恒定在1360℃。

CANMET研究炉子试验

[0092] 还在Ottawa, Canada的CANMET研究炉子进行试验。从PROVMAR Fuels Inc., Hamilton, Ontario获得试验中使用的残余燃料油。残余燃料油的性能列于表9中。这些残余燃料油具有大约1.7%的中等硫含量，在0.05%的水分含量下具有42.12 MJ/kg的很高发热值。表1还提供了所试验的残余燃料油的近似、极限和发热值分析以及硫的理论排放限度。

表9

等级 ISO8217: 05 RMG380			
性能	结果	规格	测试方法
密度, kg/m ³ @15℃	1021.3	991.0最大	ISO 12185
粘度cst@50℃	513.5	380.0最大	ISO 3104
粘度cst@80℃	94.4	最大	ISO 3104
闪点, °C	110°	60.0°最小	ISO 2719
倾点, °C	0°	30°最大	ISO 3016
MCR, %m/m	13.92	18.00最大	ISO 10370
灰分, %m/m	0.066	0.150最大	ISO 6245
水, %v/v	0.05	0.50最大	ISO 3733
硫, %m/m	1.73	4.50最大	ISO 8754
相容性, 点#	1	2最大	ASTM 474
钒, mg/kg	107	300最大	ASTM D5863
钠, mg/kg	14	最大	ASTM D5863
硅, mg/kg	34	最大	ISO 10478
铝, mg/kg	39	最大	ISO 10478
Al & Si, mg/kg	73	80最大	CALC.
Fe, mg/kg	13.4	最大	ASTM D5863
Pb, mg/kg	0	最大	ASTM D5863

Zn, mg/kg	0	最大	ASTM D5863
Mg, mg/kg	0	最大	ASTM D5863
Ca, mg/kg	2	最大	ASTM D5863
Ni, mg/kg	25.6	最大	ASTM D5863
K, mg/kg	2.3	最大	ASTM D5863
总沉淀物, Pot. %m/m	0.04	0.10最大	ISO 10307-2
沥青烯, %m/m	7.1		ASTM D3279
CCAI, 指数#	879	860	
净Cal. Val, MJ/Kg (ASTM D4868)		42.12	
粗热值 (ASTM D4868)			
BTU/lb		18109	
BTU/Gal		154122	
注入温度10cst, °C		151	
注入温度15cst, °C		134	
最小泵温度1,000cst, °C		41	
最终分析 (ASTM5291)			
C, %重量		87.79	
H, %重量		10.4	
N, %重量		0.38	

[0093]在试验之前冷却储存残余燃料油。使用日槽来加热残余燃料油到121℃并在试验期间保持该燃料是热的。

[0094]在该试验规程中，炉子控制主要基于进入炉子的燃料流。该燃料流量以及空气流量保持不变。炉子的量热部分允许测定从炉子的热转移，该热转移是与燃烧器的距离的函数。该系统中不存在"袋滤室"并且允许炉子出口温度浮动。

[0095]当将液体燃料例如残余燃料油点火时，使用泵经由双流体喷雾器将燃料输送到燃烧室中。在该炉子中，使用压缩空气作为雾化流体。通过电力空气加热器将燃烧空气预加热。

[0096]通过经由石英观测孔对火焰的观察评价火焰稳定性，该观

测孔沿着炉子的纵轴设置在与燃烧器相对的炉子端。在正常条件下，使用摄像机来定性评价火焰质量和产生在实验期间产生的火焰特性的影像记录。

[0097]一般试验方法将燃烧器设置在其最高旋涡和监视器系统参数例如燃料供给速率、过量空气、气态排放物(O_2 、 CO_2 、 CO 、 SO_2 和 NO_x)、燃烧室静电和气流速率的水平。然后经由炉子中的窥视孔在燃烧器锥正上方使用摄像机取得火焰和燃烧器区域的照片。

[0098]CANMET炉子使用两组气体分析器来 O_2 、 CO 、 CO_2 和 NO_x 。还监测二氧化硫(SO_2)。在炉子出口和颗粒控制装置出口设置分析器。按干基报道气体分析物。监测烟道气成分并通过数据获取系统在实验期间以10秒的间隔记录。所测量的数量的统计特征用来确定对测量数据的置信限度。

[0099]在炉子的量热部分，以10秒的间隔监测入口和出口温度并通过数据获取系统记录。还测量therminol工作流体的流速并且可经由数据获取系统达到。对于沿着炉子长轴的28个量热带中的每一个，从这些测量值，可以确定炉子中的热传递为时间的函数。

[00100]在试验装置ESP或BH的入口和出口处通过各种装置获得飞灰样品。使用等动力气体取样确定烟道气中的颗粒物(PM)浓度。高体积样品提取和试验装置控制装置集料斗可以提供用于研究的大样品。对于收集的灰分样品，还测定化学组成。等动力灰尘样品的收集要求大约3小时/样品。每个批次仅收集一个灰分样品。

[00101]在燃烧器中的雾化之前将残余燃料油加热以降低它的粘度。在雾化喷嘴附近借助于专门设计的计量注入系统将燃料添加剂添加到热燃料流中。在注入系统中，燃料流量计用来确定燃料流量，输出物供给PID控制器，该PID控制器然后控制化学物质计量泵的流速。对燃料流速的任何改变动态地调节燃料添加剂的浓度。将计量泵的输出物注入正在流动的热燃料中，从而产生燃料添加剂的小液滴在热燃料中的分散体。该混合物然后穿过静态混合段以在该燃料进入燃烧器的雾化部分之前均匀地与燃料添加剂混合。

[00102]在CANMET研究炉子处进行的试验在燃料流速和过量空气水平规定的炉子操作下进行，这两者都受炉子操作者控制。采用天然气将炉子预加热至多5小时，然后对残余燃料油开始实验。标准启动规程包括让未处理燃料油在该系统中燃烧至少一小时的情况下收集数据，然后开始任何实验处理。这种规程使人们能够在操作的每天验证基线行为。实验设计用来研究在两种不同的过量空气浓度(10%和7.5%)下化学添加剂对炉子操作的影响。在试验阶段的开始和结束时以及在每一试验天的开始时测定燃料的基线操作。

[00103]在试验中，在10%过量空气水平下评价所有燃料添加剂，并且仅在降低的过量空气水平下评价最佳表现者。采用在惰性气氛下在手套箱中制备的含ISOMIXTENE®的添加剂(添加剂13和14)，和在常规大气条件下制备的不含ISOMIXTENE®的添加剂(添加剂11、12、15和16)如下制备用于CANMET试验的燃料添加剂组合物：

[00104]添加剂11如下制备：将13.9克牛毛草提取物和10 mL绣线菊油混合，然后将该混合物与至多2000 mL AROMATIC 150 FLUID共混。

[00105]如下制备添加剂12：将13克牛毛草提取物、10 mL绣线菊油和1 mL SANTOQUIN®混合，并将该混合物与至多2000 mL AROMATIC 150 FLUID共混。

[00106]如下制备添加剂13：将5.12克牛毛草提取物、5 mL绣线菊油、10滴SANTOQUIN®和0889克ISOMIXTENE®混合，并将该混合物与至多1000 mL AROMATIC 150 FLUID共混。

[00107]如下制备添加剂14：将5.13克苜蓿提取物、5 mL绣线菊油、10滴SANTOQUIN®和088克ISOMIXTENE®混合，并将该混合物与至多1000 mL AROMATIC 150 FLUID共混。

[00108]如下制备添加剂15：将13克苜蓿提取物、10 mL绣线菊油和2 mL SANTOQUIN®混合，并将该混合物与至多2000 mL AROMATIC 150 FLUID共混。

[00109]如下制备添加剂16：将13克苜蓿提取物和10 mL绣线菊油混合，并将该混合物与至多2000 mL AROMATIC 150 FLUID共混。

[00110]表10概括了在10%过量空气下进行的CANMET试验中对颗粒物浓度的观察结果。从经处理燃料实验收集的灰分的碳含量一致低于基线体系中看出的碳含量，但是对于添加剂11和12，总体等动力含尘量显示中等的增加。在较低的过量空气比下，收集的灰分的碳含量与等动力含尘量一致，如表11所示。添加剂15显示颗粒量的一致减少。

表10. CANMET试验：在10%过量空气水平下颗粒物浓度

试验批次	等动力含尘量 (mg/m^3)	灰分碳含量 (% 碳)	碳减少 (%)
参考物	129	79.9 %	-
添加剂11	150	77.5 %	-13 %
添加剂12	144	78 %	-9 %
添加剂13	119	71.1 %	18 %
添加剂14	119	72.7 %	16 %
添加剂15	105	74.7 %	24 %
添加剂16	124	75.7 %	9 %

表11. 含尘量结果7.5%过量空气

试验批次	等动力含尘量 (mg/m^3)	灰分碳含量 (% 碳)	碳减少 (%)
参考物	208	75.4	-
添加剂 12	134	66.9	42.8
添加剂14	232	79.2	-17.0
添加剂15	160	67.6	31.0
添加剂16	200	78.4	0

[00111]定性地，数种经处理燃料的火焰看起来比对基线(未处理)燃料观察到的火焰短和亮。这种观察结果由火焰影像支持，但是难以量化。越短越稠密的火焰应该在炉子的量热部分提供最大的热传递。对于在10%和7.5%过量空气下进行的实验，支持这一点的数据参见表12和13。每10秒收集数据以构造大的统计样品。这一数据组的标准偏差提供不确定性的估算。测得的therminol热不确定性为大约1%。测得的烟道气热不确定性为大约0.1%。大于2%的热处置改变在95%置信水平下是统计上显著的。

表12. 在10%过量空气下可用热的热配置

试验批次	到Therminol的热	到烟道气的热	"损失热"	损失热减少
参考物	62.7 %	8.8 %	28.5 %	-
添加剂11	65.9 %	9.2 %	24.9 %	3.6 %
添加剂12	65.9 %	9.0 %	25.1 %	3.4 %
添加剂13	64.9 %	8.8 %	26.3 %	2.2 %
添加剂14	67.3 %	8.9 %	23.8 %	4.7 %
添加剂15	64.1 %	9.1 %	26.8 %	1.7 %
添加剂16	66.2 %	9.2 %	24.6 %	3.9 %

表13. 在7.5%过量空气下可用能量的热配置

试验批次	到Therminol的热	到烟道气的热	"损失热"	损失热减少
参考物	62.7 %	9.16 %	28.1 %	-
添加剂12	64.1 %	9.67 %	26.2 %	1.9 %
添加剂14	65.6 %	9.45 %	24.9 %	3.2 %
添加剂15	63.8 %	9.37 %	26.8 %	1.3 %
添加剂16	65.4 %	9.41 %	25.2 %	2.9 %

IPT实验室试验

[00112]还在Sao Paulo, Brazil的IPT实验室试验设备进行试验。该IPT试验炉子与CANMET的类似操作。该IPT试验设备采用水平燃烧器, Model MPR, 由ATA Combustao Tecnica, Brazil制造, 该燃烧器装备有外水冷夹套。将燃料进料速率和烟道气的过量空气作为独立变量并且将其它可观察量当作因变量。炉子含有量热部分。在Brazil进行的实验的一个显著差异与燃料有关。巴西的燃料规格显著地不同于美国采用的那些。例如, 常用于巴西的残余燃料的密度和沥青烯含量显著地大于常用于美国的那些。在这些非常高的沥青烯和粘度水平下, 由未燃碳所引起的污染(颗粒物)具有首要重要性。使这一问题最小化的策略的一部分包括在非常高的过量氧条件下燃烧燃料。巴西的标准操作程序要求在大约7%或大约37.5%过量空气的炉子出口氧含量下操作炉子。

[00113]在IPT评价的燃料添加剂包含植物提取物和有机金属铁配合物的组合。具体来说, 将49.2克苜蓿提取物与7.57 mL SANTOQUIN® 抗氧化剂和37.9 mL绣线菊油混合。将该混合物与AROMATIC 150 FLUID

结合至3785 mL，并将600 ML所得的混合物进一步与117克环烷酸铁和190 mL五羰基铁混合。在常规大气条件下制备该配方，其中使用注射器厌氧地转移环烷酸铁。所得的溶液的铁含量是6wt %。用这种添加剂以813ppm为在IPT试验的残余燃料油加添加剂。

[00114]表14显示了在处理和未处理的条件下观察到的颗粒物浓度。在4.5 %和7 %氧水平下颗粒物质的减少是非常显著的，但是或许更显著的观察结果是在处理条件下对这两种氧浓度观察到的颗粒物浓度是非常接近的。为人熟知的是，在高过量氧燃烧条件下，热的显著部分损失到烟道气中。该试验显示通过从7.0 %过量氧移动到大约4.5 %过量氧，实现有用热的17 %改进。使用所试验的燃料添加剂，这种效率增加伴随颗粒物排放的43 %降低。

表14. 在IPT Brazil的颗粒排放

过量O	添加剂	试验号	颗粒浓度 (mg/Nm ³)
7.0%	无	31	272
7.0%	无	32	301
7.0%	无	33	291
7.0%	无	42	289
7.0%	无	43	296
7.0%	有	平均值	290
7.0%	有	34	183
7.0%	有	35	200
7.0%	有	36	128
7.0%	有	37	152
7.0%	有	38	128
7.0%	有	39	133
7.0%	有	40	111
7.0%	有	41	128
7.0%	有	平均值	145
4.5%	无	57	415

4.5%	无	58	389
4.5%	无	59	415
4.5%	无	67	479
4.5%	无	68	504
4.5%	无	69	523
4.5%	无	平均值	454
4.5%	有	60	163
4.5%	有	61	166
4.5%	有	62	160
4.5%	有	63	162
4.5%	有	65	173
4.5%	有	66	169
4.5%	有	平均值	166

[00115] 虽然已经详细地描述了本发明及其优点,但是应当理解在不脱离由所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围的情况下可以在此作出各种变化、替换和改变。此外,本申请的范围不希望限制说明书中描述的工艺、机器、制造、物质组成、手段、方法和步骤的具体实施方案。本领域普通技术人员将容易地从本发明的公开内容理解到,可以根据本发明使用目前存在的或以后将开发的、基本上实现与本文所述的相应实施方案相同的功能或基本上获得相同结果的工艺、机器、制造、物质组合物、手段、方法或步骤。因此,所附权利要求书希望在它们的范围内包括这些工艺、机器、制造、物质的组成、手段、方法或步骤。

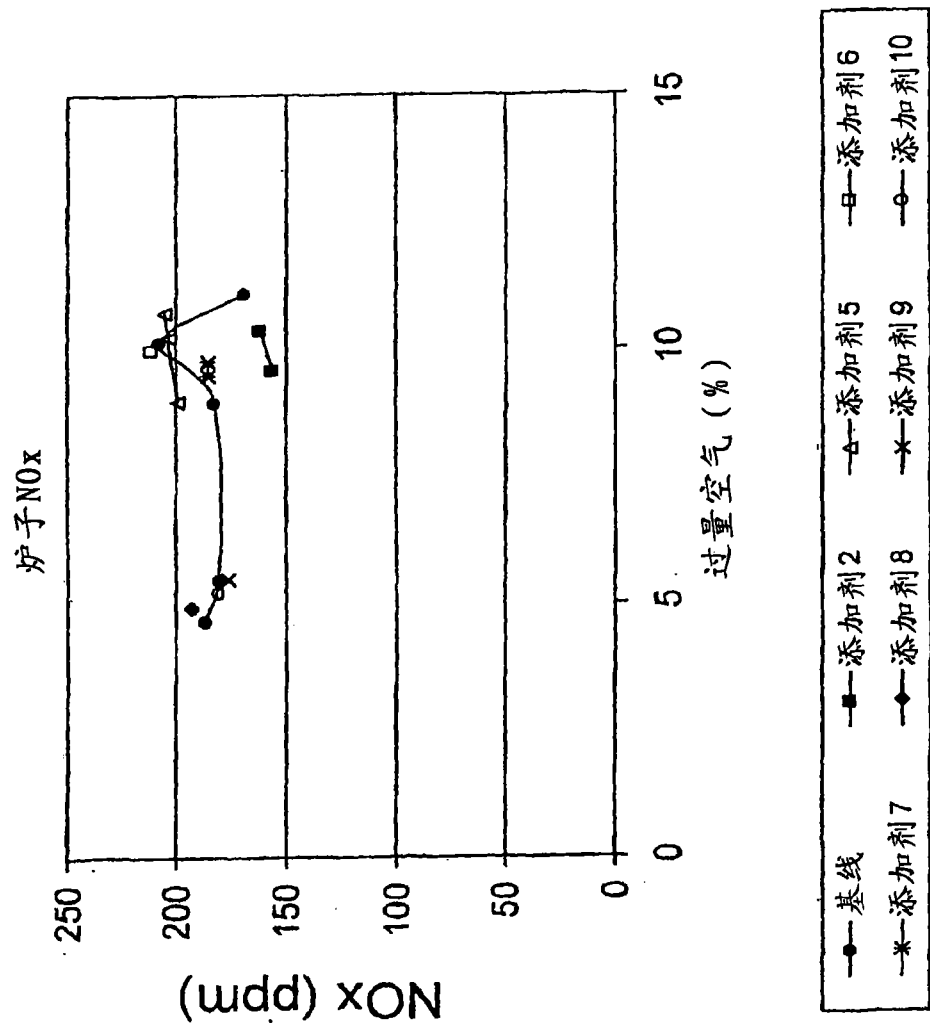


图1

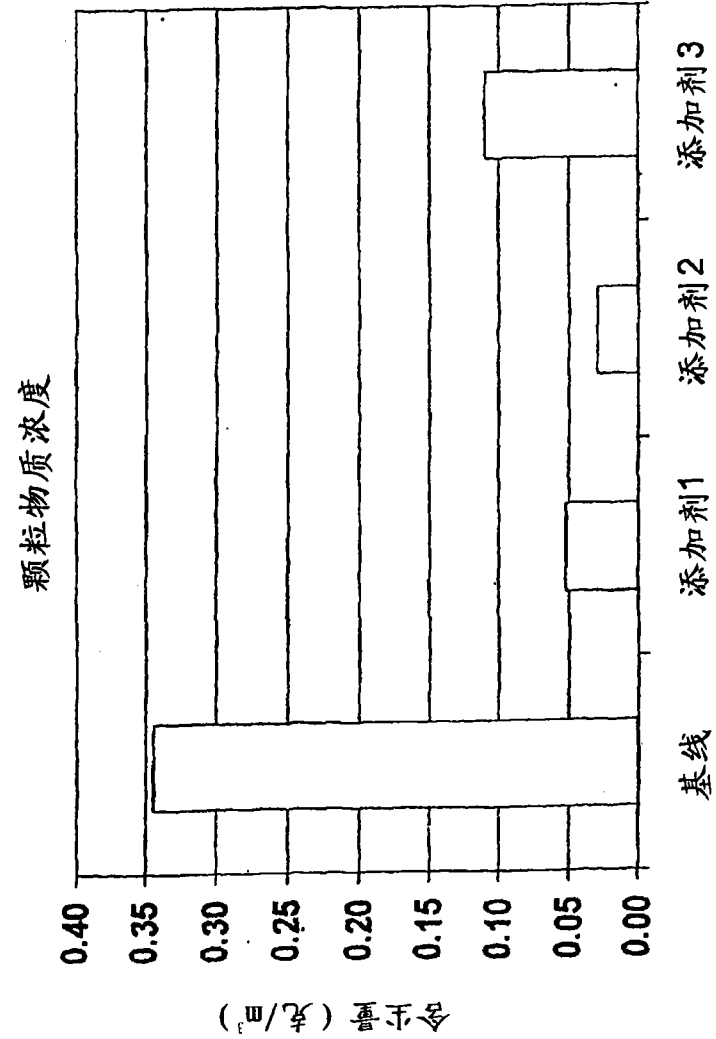


图 2

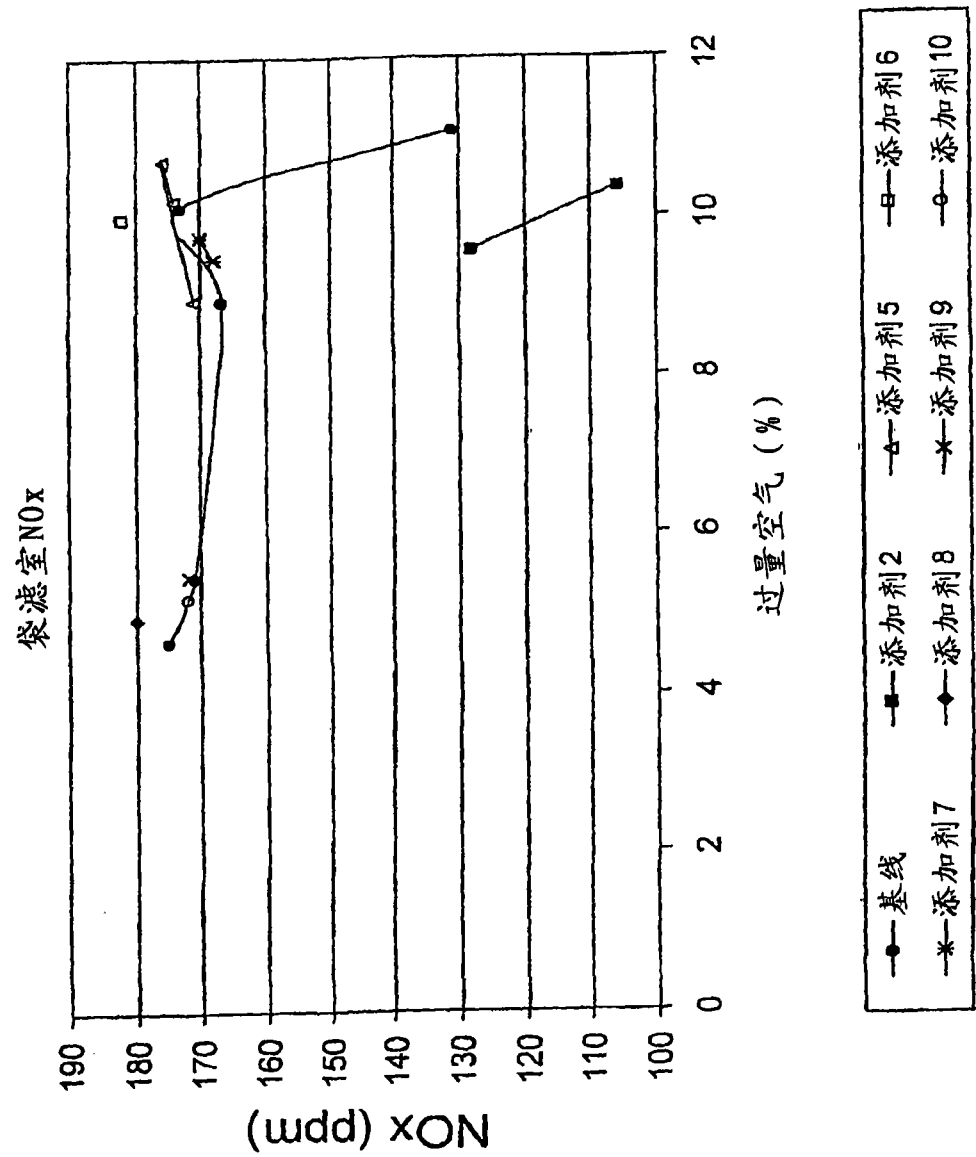


图3

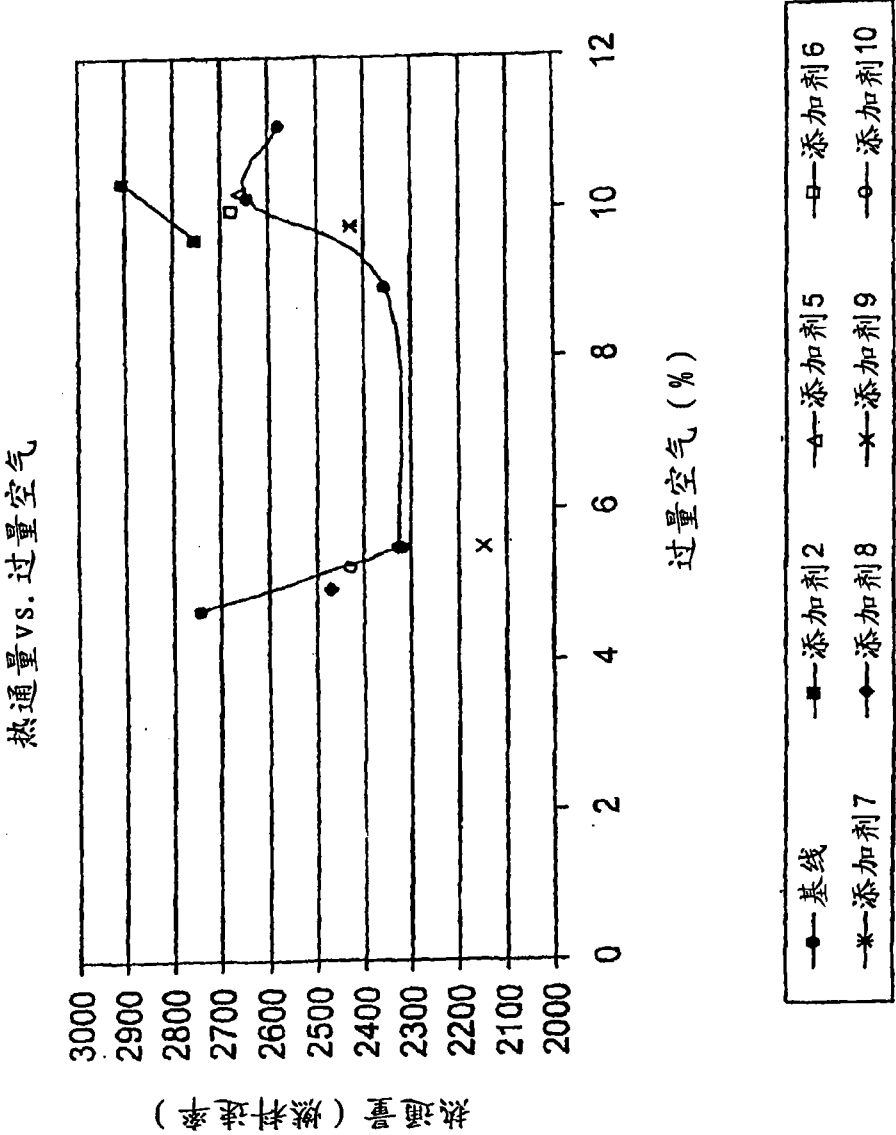


图 4

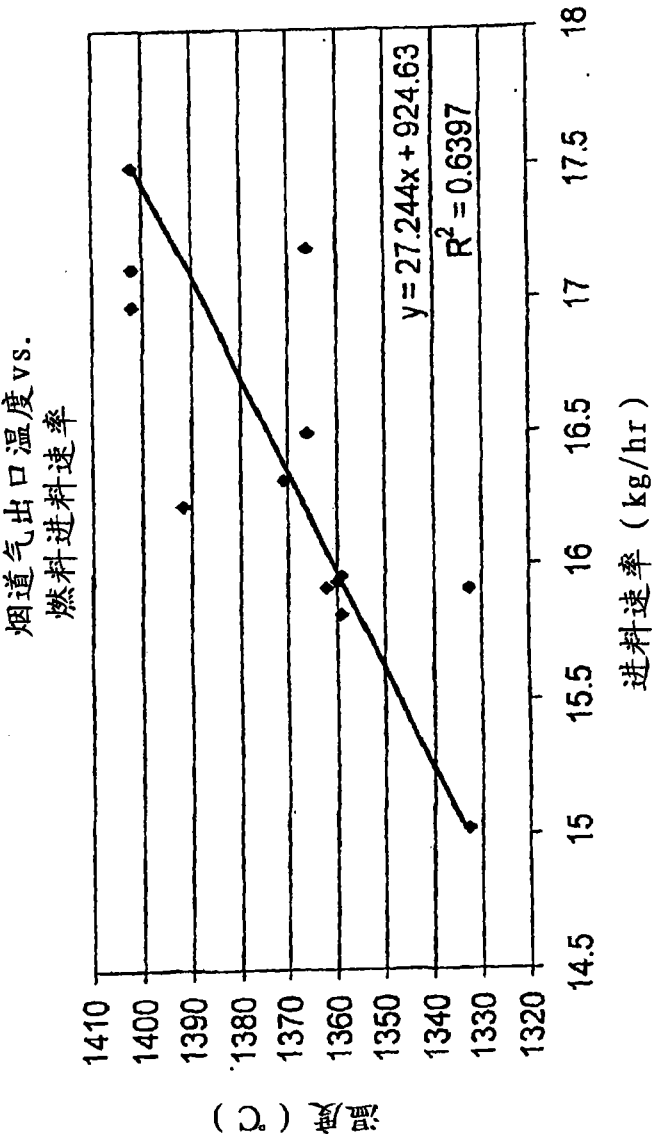


图 5