

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C09K 5/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00808611.7

[45] 授权公告日 2006 年 9 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1276960C

[22] 申请日 2000.6.8 [21] 申请号 00808611.7
[30] 优先权
[32] 1999.6.9 [33] US [31] 09/328,858
[86] 国际申请 PCT/US2000/015756 2000.6.8
[87] 国际公布 WO2000/075258 英 2000.12.14
[85] 进入国家阶段日期 2001.12.7
[71] 专利权人 科金斯公司
地址 美国宾西法尼亚
[72] 发明人 N·E·施努尔 B·J·贝姆什
审查员 王良荣

[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 黄淑辉

权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图 7 页

[54] 发明名称

改善制冷系统性能的方法

[57] 摘要

一种改善制冷系统如使用制冷工作流体的冰箱和空调器的性能的方法。所述工作流体主要由热传导流体和在所述制冷系统的所有操作温度下都能与所述热传导流体易混溶和换句话说相容的润滑剂所组成的。所述方法具体地适用于无氯的氟基有机流体，更具体地是适用于氢化氟碳化合物热传导流体。优选的润滑剂包括多元醇酯原料和混合的多元醇酯，它们与这类氢化氟碳化合物热传导流体能够高度地混溶。

1. 一种使采用工作流体且包含有压缩机、冷凝器、膨胀装置和蒸发器的制冷系统的制冷系数改进为 0.1-5.2% 的方法, 该方法包括在所述系统中采用主要由含无氯的氟基的有机热传导流体, 主要由如下的醇和酸所形成的酯所组成的润滑剂组合物和至少一种如下的添加剂所组成的工作流体, 其中用来制备所述酯的醇部分主要由季戊四醇和二季戊四醇构成, 用来制备所述酯的羧酸主要由 53 - 63 % nC_5 , 5 - 15 % nC_6 , 7 - 17 % nC_7 , 7 - 17 % nC_8 , 0 - 10 % nC_9 和 0 - 10 % nC_{10} 酸的混合物构成, 所述至少一种添加剂选自抗氧化剂和热稳定性改进剂、缓蚀剂、金属去活化剂、润滑添加剂、粘度指数改进剂、倾点和/或絮凝点抑制剂、去垢剂、分散剂、泡沫促进剂、消泡剂、耐磨损和耐特压添加剂以及酸清除剂, 并且其在系统的整个操作条件下与热传导流体易混溶, 与在系统的整个操作条件下与热传导流体不易混溶的矿物油润滑剂相比。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 13.0℃、冷凝器水入口温度为 23.9℃ 时, 制冷系数改进为 5.2%。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 23.9℃、冷凝器水入口温度为 18.5℃ 时, 制冷系数改进为 3.83%。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 23.9℃、冷凝器水入口温度为 24.0℃ 时, 制冷系数改进为 4.68%。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 32.2℃、冷凝器水入口温度为 13.0℃ 时, 制冷系数改进为 4.11%。

6. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 32.2℃、冷凝器水入口温度为 18.5℃ 时, 制冷系数改进为 3.49%。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 32.2℃、冷凝器水入口温度为 24.0℃ 时, 制冷系数改进为 3.55%。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 40.6℃、冷凝器水入口温度为 13.0℃ 时, 制冷系数改进为 3.64%。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述制冷系统在空气温度为 40.6℃、冷凝器水入口温度为 18.5℃时, 制冷系数改进为 2.88%。

10. 如权利要求 1-9 中任一项所述的方法, 其中所述含无氯的氟基的有机热传导流体为 1,1,1,2-四氟乙烷。

11. 如权利要求 1-9 中任一项所述的方法, 其中所述添加剂为至少一种选自如下的耐磨损和耐特压添加剂: 硫化的脂肪酸和脂肪酸酯; 硫化的萜烯; 硫化的烯烃; 有机聚硫化物; 有机磷衍生物选自磷酸胺, 磷酸烷基酸酯, 二烷基磷酸酯, 胺二硫代磷酸酯, 三烷基和三芳基硫代磷酸酯, 三烷基和三芳基膦, 和二烷基亚磷酸酯; 二硫代氨基甲酸酯, 氯代和/或氟代烃; 和黄原酸盐。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中所述硫化的脂肪酸酯为硫化的辛基树脂酸酯。

13. 如权利要求 11 所述的方法, 其中所述有机磷衍生物为磷酸单己酯的胺盐, 二壬基萘磺酸的胺盐, 三苯基磷酸酯, 三萘基磷酸酯, 二苯基羟甲苯基和二羟甲苯基苯基的磷酸酯, 萘基二苯基磷酸酯, 或三苯基硫代磷酸酯。

14. 如权利要求 11 所述的方法, 其中所述二硫代氨基甲酸酯为二烷基二硫代氨基甲酸酯。

改善制冷系统性能的方法

发明领域

本发明涉及一种改善使用工作流体的制冷系统如冰箱和空调器的性能的方法或工艺。所述工作流体主要由含有无氯的氟基的热传导流体和在所述系统的整个操作温度内与所述热传导流体易混溶和换句话说相容的润滑剂所组成。所述热传导流体优选为氢化碳氟化合物。所述润滑剂优选包括由含有至少两个-OH 基团的醇和基本上或仅有一价的羧酸所形成的酯。

发明背景

制冷系统如冰箱和空调器共同地消耗大量的能量。为了保护臭氧层，采用无氯有机热传导流体替代含氯热传导流体，其结果可能会提高制冷系统的能量消耗。

无氯的氢化碳氟化合物热传导流体替代 R-22（二氟一氯甲烷），可例证性地说明这个问题。R-22 具有非常良好的热力学性质，其结果是，它较其它商业热传导流体，每吨致冷具有较低的体积的更新。因此，使用 R-22 的制冷系统较使用其它包括希望用作替代 R-22 的热传导流体的热传导流体的系统，需要较少的能量。

制冷系统性能的改善，将有助于减轻由于采用更好热力学性质替代含氯热传导流体而引发的能量低效。实际上，即使是制冷系统性能很小的改善，对于这些系统所消耗的大量能量来说，也能转化为节约大量的金钱。性能方面的这种改善，对于环境也是有利的，这是由于对于能量需求的任何降低，都将会降低由于能量生产所引起的对于环境的不利影响。

因此，本发明的一个目的是改善制冷系统的性能以降低其能量需求。还有一个目的是采用在很长操作时间内能够与制冷系统相容并稳

定存在于制冷系统中的工作流体来改善这类性能。

发明概述

已经发现制冷系统如空调器、冰箱、冷冻机、苏打水分配器和其它冷却装置的性能，可通过采用主要由热传导流体和可在系统的整个操作温度范围内易混溶的润滑剂组成的工作流体而得到改善。这种发现可应用于这样的制冷系统，它是由一种含有呈流体流通关系的压缩机、冷凝器、膨胀设备和蒸发器的装置所组成的。一个优选的装置是密封压缩机型，其中，对所述制冷装置的移动部件进行润滑的润滑剂，它在所述装置的操作过程中与所述热传导流体是易混溶的。

这种发现可应用于主要由无氯有机热传导流体优选为氢化碳氟化合物，和含有酯基原料或混合酯的润滑剂所组成的工作流体。所述酯润滑剂是由含有至少两个-OH 基团和一个基本上或完全单价的羧酸所形成的。所述酸组成的至少一部分，优选是由 3-6 个碳原子的直链酸或具有至少一个碳键合到三个其它碳原子之上的 3-9 个碳原子的酸形成得到的。

所述酯优选是由醇和酸的混合物形成的，以利用这类混合物的原料。所述润滑剂可能还含有酯的混合物。所述润滑剂可仅由所述酯形成，或者，是由混合有一种或多种添加剂的酯形成。

附图的简要说明

本发明的其它优点，通过参见下述的详细描述并联系考察附图，就可容易地得到理解并将变得能够更好地理解，其中：

图 1 所示为用于测试程序中的制冷系统的示意图。

图 2 为表示采用实施例 1 的易混溶的工作流体的光滑管盘管型制冷装置的制冷系数 (coefficient of performance) 与采用实施例 A 的不易混溶的工作流体的同一装置的制冷系数进行对比的曲线图。

图 3 为表示采用实施例 1 的易混溶的工作流体的光滑管型制冷装置的制冷系数与采用实施例 A 的不易混溶的工作流体的同一装置的制

冷系数进行对比的百分比差值的曲线图。

图 4 为表示采用实施例 1 的易混溶的工作流体的微翅片管型制冷装置的制冷系数与采用实施例 A 的不易混溶的工作流体的同一装置的制冷系数进行对比的曲线图。

图 5 为表示采用实施例 1 的易混溶的工作流体的微翅片管型制冷装置的制冷系数与采用实施例 A 的不易混溶的工作流体的同一装置的制冷系数进行对比的百分比差值的曲线图。

图 6 为表示采用实施例 1 和 2 的易混溶的工作流体的微翅片管型制冷装置的制冷系数的曲线图。

图 7 为表示采用实施例 1 和 2 的易混溶的工作流体的微翅片管型制冷装置的制冷系数与采用实施例 A 的不易混溶的工作流体的同一装置的制冷系数进行对比的百分比差值的曲线图。

发明的详细描述

除了的操作实例中或其它有明确规定的地方之外，在本说明书中，用来表明原料用量或反应条件和/或应用的所有数字数量，都应理解为可通过术语“约”对定义的本发明的最宽范围的修改。但是，在对应于规定的确切数量的范围之内的本发明的实施是优选的。

应用于本发明的一种典型的制冷系统，如图 1 给出的示意图所示。这类系统可能包括空调器、冰箱、冷冻机、苏打水分配器以及其它冷却装置。该制冷系统的示意图图示说明了制冷装置 10 的一种典型操作循环，它包括热传导流体的压缩、冷凝、膨胀和蒸发步骤。在所述装置 10 中，载带有部分润滑剂的压缩热传导流体，经由管线 12 排放到冷凝器 14 中。所述冷凝热传导流体和润滑剂，接着流过膨胀阀 16，并由此流到蒸发器 18 中。所述蒸发器 18 基本上蒸发完所述热传导流体，且所述热传导流体和所述润滑剂的蒸汽和液相，经由管线 12 输送到压缩机 20 之中。在所述压缩机 20 中，所述蒸汽经压缩后，排放流过用于制冷装置 10 循环的管线 12。所述示意图还表明存在有：用来计算蒸发器能量传递的热电偶探针 (T) 22、用来测量绝对压力 (P)

和冷凝器 14 与蒸发器 18 间压力变化 (ΔP) 的压力传感器 (P) 24、用来测量制冷剂流率的质量流量计 26 和观察窗 28。在由图 1 所示的制冷循环中，所述热传导流体的液相和润滑剂是保持易混溶的。

相信本发明适合于多种热传导流体，包括无氯和含氯的有机化合物。特别感兴趣的是含有无氯的氟基的有机化合物，特别是氢化碳氟化合物。最为优选的氢化碳氟化合物是二氟甲烷、五氟乙烷、1,1-二氟乙烷、1,1,1-三氟乙烷、1,1,1,2-四氟乙烷及其混合物。

本发明涉及在制冷系统的整体操作温度范围内与热传导流体易于混溶和相容的润滑剂。特别感兴趣的是那些由酯基原料或混合有添加剂的酯所组成或主要由酯基原料或混合有添加剂的酯所组成的润滑剂。适合用于本发明的酯是在未酯化形式中含有至少 2 个或更优选至少 3 个 -OH 基团的醇所形成的酯。

在制备倾向于易于与含有无氯的氟基的有机化合物混溶的多元醇酯润滑剂的方法中，优选采用的某些多元醇和酸以及多元醇和酸的比例如下所述。举例来说，优选地，按给定顺序优选程度逐级增加，就较低粘度的酯而言，根据本发明的所述酯的醇部分至少 62、78 或 90 no.% 含有不超过 18 个，更优选不超过 10 个，进一步优选不超过 8 个碳原子。独立地，优选地，按给定顺序优选程度逐级增加，在所述酯中醇部分的至少 62、81、或 90 no.% 含有至少一个碳原子通过单键而键合到四个其它碳原子之上，或者，换句话说，含有至少一个“新”碳原子。独立且优选地，优选程度逐级增加，所述酯的醇部分的至少 62、81、90 或 98 no.%，是那些源于通式为 $C-(CH_2OH)_4$ 的季戊四醇、通式为 $(HOCH_2)_3CCH_2OCH_2C(CH_2OH)_3$ 的二季戊四醇和通式为 $(H_3C)_2C(CH_2OH)_2$ 的 2,2-二甲基-1,3-丙二醇（更经常地称作新戊二醇）和 2,2-二羟甲基-1-丁醇（更经常称作“1,1,1-三羟甲基丙烷”或“TMP”）。独立且优选地，优选程度逐级增加，所述醇部分至少 81、90 或 98no. %，是源于季戊四醇或第二季戊四醇。如果需要较高粘度的酯润滑剂，则优选地，优选程度逐级增加，所述醇部分至少 22、33、48 和 68 no.% 是源于第二季戊四醇。

不饱和醇和饱和醇都可用于本发明的酯。饱和醇是优选的。而且，取代醇与未取代醇都可采用，但是，优选地所采用的醇不含有除烷基、氨基和/或氯基之外的取代基。就用于本发明酯的酸或酰基来说，通常地未取代醇是更为经济的，因此也是最为优选的。

用于制备所述酯的羧酸，优选含有足够分数的酰基，它们能够满足下述两个条件中的至少一个。所述酰基必须含有 9 个碳原子或更少，和包括至少一个碳原子通过单键键合到三个其它碳原子上和/或具有 3-6 个碳原子的直链。为了使所述酯能够满足本发明的易混溶性的需要，优选地，在所述酯或酯混合物（它们是按照本发明的润滑剂和/或基本原料）中所述酰基的至少 22%数目（此后以“no.%”表示），满足这些条件中的至少一个。按给定顺序优选程度逐级增加，满足这些条件中的一个或二个的酰基的 no. %，应该至少为 33、42、50、67、86，或者，对于低粘度润滑剂为 92。

附加且独立地，含至少 9 个碳原子的酰基的 no. %不应大于 81，或者，如下优选程度逐级增加，不大于 67、56、45 或 33。同样优选的是，在本发明采用的所有的酯中所述酰基至少 90 no. %，每个具有不多于 20 个的碳原子。

满足上述条件的纯净酯或酯混合物，都可有效地用于本发明的众多实施方案中。一般地，酯的混合物是更为经济有效的，因为它们可由工业可得的起始原料不需要经过作为先决条件的费用大的纯化步骤，就可制备得到。在本发明的一个实施方案中，酯混合物由于性能原因和经济原因是优选的。对于需要中等至高粘度润滑剂的情形，如下优选程度逐级增加，优选地将用于本发明的酯中所述酰基的至少 12、16、21、29、33 或 40 no. %，每个中含有至少 7 个、更优选至少 8 个和最优选 9 个碳原子。具有 8 个碳原子的所述优选的酸为 2-乙基己酸，具有 9 个碳原子的所述优选的酸为 3, 5, 5-三甲基己酸。

最为希望的组成为由季戊四醇与一种约 57 重量%异戊酸的酸混合物形成的四酯，为了说明起见，它被定义为正戊酸、2-甲基丁酸和 3-甲基丁酸与约 43 重量%的 3, 5, 5-三甲基己酸的混合物。附加且独立地，

如下优选程度逐级增加，异戊酸根据需要，可占至少 3、5、7、11 或 14 no. %，以提高所述酯润滑剂与所述热传导流体的易混溶性。

一般地，酸的混合物是优选的。为了达到最好的效果，所述优选的酸是具有 5、7 和 9 个碳原子的酸。如下优选程度逐级增加，优选地，所述酰基的至少 60、68、75、81、92 和 98 no. %，是具有 5、6、7、8、9、10 个碳原子，或更优选的是具有 5、7 或 9 个碳原子，进一步优选是具有 5 或 9 个碳原子。

对于处于较低粘度范围内的本发明的润滑剂和/或基本原料，在所述酯中的基本上所有酰基，优选是单价的。对于处于较高粘度范围而言，有些二价的酰基也是优选的，据信含有由这类二价酰基连接的两个或多个醇部分而所述醇上的所有其它羟基位对应于那些被单酰基基团所酯化的醇部分的酯，是特别有利的用于本发明的酯类型。（在任何酯中的“醇部分”此处被定义为当所有酰基从酯中移走时所留下的酯的连接部分。酰基在此可表示为酯中的“酸部分”）。如果在酯中的一个或多个所述酰基是二价的，则所述酯在此处表示为“复合酯”；这类酯优选包括两个醇部分，它们可以相同，也可以不同，但是，它们都是如下文所述的类型。根据本发明仅具有一个醇部分和全部的单价酰基的酯，在此处可表示为“单一多元醇酯”。

将要反应的单价和较高价酸之间的比值是不受限制的，具有大于一价的酸分数过大，可能会导致不希望数量的高分子量聚合物，事实上，所有或基本上所有将要反应的醇也是具有至少两个反应基团。为此，如下优选程度逐级增加，反应的一价酸的当量与二价或更高价酸的当量之比，至少为 1、1.76 或 2.69。而且，具有高于二价的酰基的数量，优选地，不大于所有酰基总量的 2 no. %。

优选地，按给定顺序优选程度逐级增加，本发明所采用的酯中二价酰基的至少 55、67、81 或 92 no. %，是具有 4-12 或更优选具有 6-9 个碳原子，独立优选地，按给定顺序优选程度逐级增加，在所述酯中的单价酰基的至少 55、67、81 或 92 no. %，含有不超过 18 个碳原子，更优选不超过 9 个，进一步优选不超过 7 个碳原子。

附加且独立地，为在高度氟化的制冷剂热传导流体中得到足够的溶解度，在含有 8 个或更多碳原子且未被支化的酯中的酰基的 no. % 与在都被支化且含有不超过 6 个优选不超过 5 个碳原子的酯中酰基的 no. % 的比值，希望应该不大于 1.56，更优选不大于 1.21，或进一步优选不大于 1.00。

饱和和不饱和酰基都可采用，但是饱和酰基是优选的。而且，取代的和未取代的酰基都可用于本发明的酯中，但是，优选的是所述酰基不含有除烷氧基、氟基和/或氯基之外的取代基。一般地，未取代酰基是最为经济的，因而也是最为优选的。

独立地，在所有其它优选中，逐级更为优选的是，在用于本发明组合物的酯中不大于 20、14、9、5 和 2 no. % 的氧原子应该是化学键合（它与“氢键合明显不同”）到一个氢原子之上。

对于每个可形成本发明润滑剂组合物的酯来说，通过酸衍生物如酸酐、酰氯和酸的酯的反应替代所述酸自身的反应，来获得相同的酯是可行的。所述酸一般优选是经济实用的，此处所列是作为实例给出的，但是，可以理解，此处由它们的活性成分与酸所定义的酯，同样地，也可由醇与相应酸衍生物的反应而很好地得到。

至于可形成本发明润滑剂组合物的所述酯的活性成分，能够理解，尽管仅仅例举性地列出了所希望的醇和酸，但是，通常以技术级或工业级产品存在的一定数量的种类杂质，在多数情形中也是可以接受的。例如，“技术级季戊四醇”（PE），通常含有数量级为 85-90 重量%的单 PE，以及 10-15 重量%的二期戊四醇（“DPE”）和 0-3 重量%的三期戊四醇（“TPE”），它在很多情形中能够满足制备高质量酯的需要。而且，“工业级异戊酸”通常含有约 65 重量%的正戊酸和约 35 重量%的选自 2-甲基丁酸和 3-甲基丁酸的异戊酸。

实践中，已经发现，每种酯的醇和酸反应剂之间的反应，如果供料到所述反应混合物的酸数量开始时就足以提供比与所述酸反应的醇的当量过量 10-25%当量的酸，则它们之间的反应就可更为有效地进行。

（为了便于说明，酸当量定义为含有一克当量重量的羧基基团的数量，

而醇当量为含有一克当量重量的羟基的数量)。实际已经反应的酸和醇的混合物的组成,可通过分析酯产物的酰基含量而确定。

在制备所述酯产物时,根据本发明,所述反应的酸较反应的醇和产物酯具有较低的沸点。在这个条件下,采用蒸馏,最优选是在低压如 1-5 托下,在所述酯化反应的末尾除去任何残余的过量酸主体是优选的。

在经过这类真空蒸馏之后,产物通常适合用作本发明的润滑剂混合原料。如果需要对所述产物进一步提纯,则在第一次真空蒸馏之后的产物中的游离酸的含量,可通过用环氧化物类处理,如 USP 3,485,754 中所教导的那样,或者是通过用任何适宜的碱性物质如石灰、碱金属氢氧化物或碱金属碳酸盐进行中和,而使之得到进一步地降低。

如果是采用环氧化物进行处理,则过量的环氧化物可通过第二次蒸馏在非常低的压力下除去,而所述环氧化物与残余酸间的反应产物可以无妨害地留在所述产物之中。如果是采用碱中和作为提纯方法,则接着用水进行洗涤,以除去任何被所述碱中和的未反应的过量脂肪酸,它特别优选是在采用所述产物形成润滑剂酯混合物之前进行的。

在有些使用条件下,此处所述的酯原料,可以令人满意地用作完整的润滑剂。但是,一般地,对于完整润滑剂来说,优选是含有通常本发明已知的其它物质作为添加剂,例如抗氧化剂和热稳定性改进剂、缓蚀剂、金属去活化剂、润滑添加剂、粘度指数改进剂、倾点和/或絮凝点抑制剂、去垢剂、分散剂、泡沫促进剂、消泡剂、耐磨损和耐特压添加剂和酸清除剂。许多添加剂都具有耐磨损和耐特压性能,或者是可用作金属去活化剂和缓蚀剂。累积地,所有添加剂优选不超过总混合润滑剂组成重量的 8 重量%,或更优选不超过 5 重量%。

前述添加剂种类的有效量,其范围通常地,对于所述抗氧化剂化合物来说为 0.01-5%,对于缓蚀剂组分来说为 0.01-5%,对于金属去活化剂组分来说为 0.001-5%,对于润滑添加剂来说为 0.5-5%,对于每一种粘度指数改进剂和倾点和/或絮凝点抑制剂来说为 0.01-2%,对于每一种去垢剂和分散剂来说为 0.1-5%,对于泡沫促进剂或消泡剂来说为

0.001-0.1%，对于耐磨损和耐特压组分来说为 0.1-2%，对于酸清除剂来说为 0.05-2%。所有这些百分比都是以所述润滑剂组合物的总重量为基准，以重量计表示的。可以理解，添加剂在所述数量范围附近可能更适合于特定的条件或应用之中，对于每种添加剂组分来说，可以单分子型使用，也可以多种类型的混合物的形式使用。

前述的实例是仅仅用来作为例证性说明之用，而不是用来限定。

合适的抗氧化剂和热稳定性改进剂的实例为二苯基-、二萘基-和苯基-萘基-胺，其中的苯基和萘基可被取代，例如，N,N'-二苯基苯二胺、p-辛基二苯胺、p,p'-二辛基二苯基胺、N-苯基-1-萘胺、N-苯基-2-萘胺、N-(p-十二烷基)-苯基-2-萘胺、二-1-萘胺、和二-2-萘胺；吩噻嗪，如 N-烷基吩噻嗪、亚氨基（二苯甲基）；和位阻酚，如 6-（叔丁基）苯酚、4,4'-亚甲基二（-2,6-二（叔丁基）苯酚），等等。

合适的一价铜的金属去活化剂的实例有味唑、苯基味唑（benzamidazole）、2-巯基苯并噻唑、2,5-二巯基噻二唑、亚水杨基啉（salicylidine）-丙二胺、吡唑、苯并三唑、甲苯三唑、2-甲基苯基味唑、3,5-二甲基吡唑和亚甲基二苯并三唑。苯并三唑衍生物是优选的。更常用的金属去活化剂和/或缓蚀剂的其它实例包括有机酸和它们的酯、金属盐和酸酐，如正油烯基肌氨酸、山梨聚糖-油酸酯、环烷酸铅、十二烷基琥珀酸和其部分酯和酰胺，和 4-壬基苯氧基乙酸；伯、仲和叔脂肪族胺和脂环族胺和有机酸和无机酸的胺盐，如油溶性羧酸烷基铵盐；杂环含氮化合物，如噻二唑、取代的咪唑啉、和 唑啉；喹啉、醌和蒽醌；没食子酸丙酯、二壬基萘磺酸钡；酯和酰胺的衍生物和烯基琥珀酸酐或酸、二硫代氨基甲酸酯、二硫代磷酸酯、烷基酸磷酸胺盐及其衍生物。

合适的润滑添加剂的实例包括硅氧烷聚合物、聚氧化烯烃聚合物、聚亚烷基二醇和脂肪酸的长链衍生物和天然油类，如酯、胺、酰胺、咪唑啉和硼酸盐。

合适的粘度指数改进剂的实例包括聚甲基丙烯酸酯、聚丁烯、苯

乙烯-丙烯酸酯共聚物和乙烯-丙烯共聚物。

合适的倾点和/或絮凝点抑制剂的实例包括聚甲基丙烯酸酯如甲基丙烯酸酯-乙烯-乙酸乙烯酯的三聚物；烷基化萘衍生物，和尿素与萘或苯酚的弗瑞德-克来福特（Friedel-Crafts）催化缩合反应产物。

合适的去垢剂和/或分散剂的实例包括聚丁烯基琥珀酸酰胺；聚丁烯基膦酸衍生物；长链烷基取代的芳族磺酸和其盐；和烷基硫化物、烷基苯酚和烷基苯酚和醛的缩合产物的甲基盐。

合适的消泡剂的实例包括硅树脂聚合物、硅氧烷聚合物和聚氧化烯烃聚合物和一些丙烯酸酯。

泡沫促进剂的实例包括与用作消泡剂的硅树脂聚合物具有不同分子结构的硅树脂聚合物、硅氧烷聚合物和聚氧化烯烃聚合物。

合适的耐磨损和耐特压试剂的实例包括硫化的脂肪酸和脂肪酸酯，如硫化的辛基树脂酸酯；硫化的萘烯；硫化的烯烃；有机聚硫化物；有机磷衍生物包括磷酸胺，磷酸烷基酸酯，二烷基磷酸酯，胺二硫代磷酸酯，三烷基和三芳基硫代磷酸酯，三烷基和三芳基膦，和二烷基亚磷酸酯，如磷酸单己酯的胺盐，二壬基萘磺酸的胺盐，三苯基磷酸酯，三萘基磷酸酯，二苯基羟甲苯基和二羟甲苯基苯基的磷酸酯，萘基二苯基磷酸酯，三苯基硫代磷酸酯；二硫代氨基甲酸酯，如二烷基二硫代氨基甲酸锑；氯代和/或氟代烃，和黄原酸盐。

合适的酸清除剂的实例是在其分子中具有至少一个环氧化合物的环氧化合物。优选的酸清除剂为具有至少一个缩水甘油酯基团的化合物，包括脂肪族缩水甘油醚如丙二醇二缩水甘油醚、新戊二醇二缩水甘油醚、1,4-丁二醇二缩水甘油醚和1-丙醇二缩水甘油醚；芳族缩水甘油醚，如苯基缩水甘油醚、羟甲苯基缩水甘油醚和双苯酚 A-烯化氧的加合物的缩水甘油醚和聚亚烷基二元醇二缩水甘油醚。在所述聚亚烷基二元醇或其它烯化氧的加合物的二缩水甘油醚中，优选组成的亚烷基是亚乙基、亚丙基、亚丁基等，其优选分子量为 1000 或更低。

在某些操作条件下，据信已经主要构成某些先有技术润滑剂基本原料的聚醚多元醇在润滑剂中的存在（据报导对于氟碳化合物制冷工

作流体是有用的), 是不够最佳稳定的和/或不能充分地与某些最为有用的润滑添加剂相容。因此, 在本发明的一个实施方案中, 优选地, 所述润滑剂基本原料和润滑剂应该是基本上不含有这类聚醚多元醇的。至于“基本上不含有”, 是表示所述组合物中含有不超过约 10 重量%的所述物质, 优选是不超过约 2.6 重量%, 更优选是不超过约 1.2 重量%。

在配制本发明的工作流体时, 所述工作流体选用的热传导流体和润滑剂组分, 应该具有化学性质, 并且相互以一定的比例存在, 可使得所述润滑剂能够保持与所述热传导流体在整个工作温度范围内是混溶的, 工作流体在使用该工作流体的制冷系统的操作过程中, 是处于所述工作温度范围内的。这类系统根据其操作条件显著地变化。因此, 如果所述工作流体保持易混溶达到 +30℃, 则它通常是足够的, 尽管如果工作流体保持易混溶达到 45℃、60℃、71℃和至少 100℃是逐级更为优选的。类似地, 如果当冷却到 0℃时工作流体保持易混溶状态, 通常也是足够的, 尽管如果工作流体保持易混溶降低到-15℃、-27℃、-42℃、-50℃和-60℃是逐级更为优选的。主要由含有无氯的氟基的热传导流体和混合的酯润滑剂所组成的易混溶工作流体, 可按上述方法得到: 超过含有高达 1、2、4、10 和 15 重量%的润滑剂的工作流体的温度范围的易混溶性, 是依次更为优选的。

在本发明的实施中, 主要由制冷热传导流体和润滑剂基本原料或混合润滑剂组成的工作流体, 是以可使得工作流体能够改善所述制冷系统性能的方式用于操作制冷系统的方法之中的。

对于本发明润滑组合物的温度来说, 可操作和优选的粘度范围和粘度变化, 通常与本领域用于带有热传导流体的制冷系统的润滑剂确立的相同, 特别是对于氟碳化合物和/或氯化氟碳化合物热传导流体。一般地, 如上所述, 优选地, 本发明所述润滑剂具有的国际标准化组织 (“ISO”) 粘度级数值在 15-320 之间。部分所述 ISO 粘度级数值的粘度范围如表 1 所示。

表 1

ISO 粘度级数值	40℃时的粘度范围/厘沱	
	最小值	最大值
2	1.98	2.42
3	2.88	3.53
5	4.14	5.06
7	6.12	7.48
10	9.00	11.0
15	13.5	16.5
22	19.8	24.2
32	28.8	35.2
46	41.4	50.6
68	61.2	74.8
100	90	110
150	135	165
220	198	242
320	288	352
460	414	506
680	612	748
1000	900	1100
1500	1350	1650

本发明的酯润滑剂基本原料的制备在下述实施例中将作更详细的描述。

常用的酯合成方法

把将要反应的醇和酸，与合适的催化剂如二乙酸二丁基锡、草酸锡、磷酸、和/或钛酸四丁酯，进料到一个配置有搅拌器、温度计、氮喷射装置、冷凝器和循环阱的圆底烧瓶之中。酸的加入量是较醇过量约 15 mol%。催化剂用量为反应的酸和醇总重量的 0.02-0.1 重量%。

加热反应混合物到温度为约 220-230℃之间，来自最终反应的水收集在所述阱中，同时回流酸返回到所述反应混合物中。根据需要，在所述反应混合物上方维持部分真空，以实现回流。

对反应混合物不时地进行取样，以确定羟基数目，在当所述羟基数目降到每克混合物中的 KOH 低于 5.0 mg 时，在应用所采用装置能获得的最高真空之后，采用蒸馏方法，除去大部分的过量酸，同时降低所述温度至约 190℃。反应混合物接着冷却，如果需要的话，采用石

灰、氢氧化钠或环氧树脂进行处理，以除去任何残余的酸度。最终的润滑剂或润滑剂基本原料，在混合和相相容性测试之前，对其进行干燥和过滤。

实施例 1 和 A

在一种与图 1 所示类似的蒸汽压缩制冷系统中对两种制冷工作流体进行测试。其中这些流体之一（实施例 A）包括热传导流体和已知与所述热传导流体不混溶的矿物油润滑剂。所述矿物油为 Iso 32 环烷类冷冻机油。第二种工作流体（实施例 1）包括含有多元醇酯的润滑剂，它与所述热传导流体已知是能混溶的。用于实施例 A 和实施例 1 中的所述热传导流体为 1, 1, 1, 2-四氟乙烷（R134a）。实施例 1 的所述多元醇酯是由季戊四醇与以下酸的混合物所形成的，该酸的混合物为 37 重量%的正戊酸、20 重量%的 2-甲基丁酸和 3-甲基丁酸的混合物和 43 重量%的 3, 5, 5-三甲基己酸的混合物。

这些制冷工作流体是在与用于实际建筑类似的蒸汽压缩制冷系统中进行测试的。这种系统设计成提供约 3 吨的制冷量。所述制冷系统示意图如图 1 所示。所述制冷系统的主要构成如下所示：

蒸发器

所述蒸发器是正交流动制冷盘管。所述制冷剂流过铜管，空气流过所述管道。空气侧热传导是采用安装在所述铜管上的铝翅片进行提高的。

在起始测试中，所述制冷系统具有这样的盘管，在该盘管中的所述铜管的内部是光滑管（光滑管盘管），所述测试是在这种盘管上进行的。随后的测试是在具有微翅片管的蒸发器盘管（微翅片管盘管）上进行的。两种盘管具有相同的设计容量 10.5 kW（3 吨），但是，它们在物理性能上是不同的，所述微翅管盘管小于所述光滑管盘管。

所述光滑管盘管是具有 5/8 英寸的标称外径的铜管，每英寸上具有 12 个翅片（12 fpi），而所述微翅片管盘管是具有 15 fpi 的 3/8 英

寸的铜管。所述微翅片管盘管较所述光滑管盘管截面积具有约小 25% 的截面积。而且，所述微翅片管盘管在制冷剂侧的容积，较所述光滑管盘管的该侧容积约小 70%。

压缩机

所述压缩机是密封稳速往复型的，是设计用来操作 HFC-134a 制冷剂。所述压缩机具有用来装料和排放润滑剂的可接近的活塞，这样，在安装有所述压缩机时，就可实现油的改变。

膨胀阀

在所述制冷系统中安装有两个膨胀装置，即恒温膨胀阀和针形阀。由于恒温膨胀阀具有慢的响应时间，所以针形阀对于流速控制是优选的装置，如 Crown, S.W., HW Shapiro 和 M.B. Pate. 1992., “R-12 和 R-134a 的热性能的比较研究 (A comparison study of the thermal performance of R-12 and R-134a.)” “International Refrigeration Conference – Energy Efficiency and the New Refrigerants” (1): 187-196 (下文中简称为“Crown 等人的文章”)中所述。而且，针形阀能够由数据获取系统直接进行控制。

测试设备

用来定量地评价制冷系统性能的测量装置也如图 1 中所示。安装的传感器是热电偶探针、压力传感器、流量传感器和一个瓦特传感器。下面将对每个传感器作详细的描述。

热电偶探针

热电偶探针是 T 型的探针，它们设置在每个制冷系统组件之前和之后。对所有的热电偶进行校正，其读数的不确定性为 $\pm 0.21^{\circ}\text{C}$ (0.5°F)。

此外，在所述蒸发器的空气流侧之前和之后，有两个热电偶格栅。

每个格栅由 18 个等距离排列在所述热交换器横截面上的热电偶所组成。这些格栅的目的是为了准确地计算在所述空气流侧的蒸发器能量传递。干燥和湿的球形热电偶安装在所述蒸发器之前和之后，用来测量在空气流中的湿气数量。

压力传感器

安装在所述制冷系统中的四个压力传感器，是用来测量绝对压力。所有的压力传感器采用静重检验器在整个预期的操作范围内对其进行校正。所述压力传感器的不确定性估计约为 $\pm 1.05 \text{ kPa}$ (0.15 psia)。

质量流量计

所述制冷剂流率是采用一种质量流量计进行测定的，它已由生产厂预先校正。为了进行准确的流率测量，它需要制冷剂在所述冷凝器的出口处（所述流量计设置于该处）应呈液体状态。如果所述液体相的需要能够满足，则所述流量计就可读取实际的流率，其不确定性为 $\pm 0.0075 \text{ kg/min}$ (0.0034 lbm/min)。

毕托管测量站

所述空气流率是采用毕托管测量站进行测量的，它是采用校正的压力传感器以测量动压力。

涡轮流量计

水流过所述冷凝器的流率，是采用校正的涡轮流量计进行测量的。所述流量计能够测量水的流率，其不确定性为 $\pm 0.05 \text{ kg/min}$ (0.0225 lbm/min)。

瓦特传感器

用由生产厂预先校正的瓦特传感器来测量压缩机耗电量，显示的不确定性为 $\pm 0.05 \text{ kW}$ (4 Btu/min)。

数据获取系统

所述数据获取系统由一个计算机、一个 IEEE-488 GPIB (通用接口总线) 控制器插件、一个计算机地址可设定的数字伏特表和两个扫描仪所组成。所述 GPIB 控制器插件可以对所述扫描仪和伏特表进行计算机控制。所有这些仪表都连接到所述数据获取系统上, 从而可不断地更新所述系统的操作参数并将信息贮存在计算机存储器之中。

为了对于不同类型的工作流体的系统性能进行比较, 测试和数据获取必须是在相同的操作条件下进行的。因此, 通过赋值给独立的参数以定义一个操作点是必要的。在测试过程中, 有六个不同的参数可能应该进行控制, 所以, 它们可被认为是独立的参数。六个独立参数之中有四个是保持恒定的:

1. 在所述压缩机入口处的过热是需要的, 其使得进入到所述压缩机中的制冷剂就会呈蒸汽相, 从而可避免对压缩机有任何损害。所述制冷剂蒸汽较相应吸入压力的饱和温度过热约 7.5°C (13.5°F)。该值表示用于工业制冷系统应用中的过热。

2. 制冷剂负荷是通过对于 POE 润滑剂情形在宽范围条件下操作所述系统而进行研究的。至于所述制冷剂负荷, 发现在 3.6 kg (8 lbm) 时是最佳的, 同样的负荷可用于所有的测试之中。

3. 冷凝器水流率保持恒定在最大值, 它对应地约为 80 kg/min (175 lbm/min) 的水质量流率。在高的水流率下, 所述冷凝器性能变得不受所述水流率数量的限制, 这是由于在所述水和所述管壁间的热阻是可以忽略不计的, 如 Incorpera F. P. 和 D. P. De Witt, 1990 Fundamentals of heat mass transfer, 第三版, 纽约: John Wiley & Sons 中所述。因此, 所述水流率在系统测试和分析过程中, 可以作为一个变量而除去, 其结果是, 所述冷凝器性能变得仅是水入口温度、制冷剂流率和制冷剂温度的函数, 如 Crown 等人的文章所述。

4. 空气体积流率保持恒定在约 $1.3\text{ m}^3/\text{sec}$ (2400 CFM)。所述流率数量接近于在所述测试设备中所能获得的最大空气流率并保持恒

定, 这样, 在此研究中它就不是一个变量。

5. 四个不同的冷凝器水入口温度是选择用来研究所述制冷系统性能的。这些温度为 18.5℃ (65°F)、24℃ (75°F)、32℃ (90°F) 和 40.5℃ (105°F), 它们对应于易于获得且用于制冷应用中的水温。

6. 选用的三个不同蒸发器空气入口温度为 13℃ (55°F)、18.5℃ (65°F) 和 24℃ (75°F), 它们表示对于空调器应用的宽范围工作温度。

这两个独立变量的结合形成 12 个不同的表示大范围操作条件的操作点。在此大范围的条件下确定所述制冷系统性能, 对于包括实施例 1 的多元醇酯 (POE) 润滑剂和实施例 A 的矿物油的工作流体来说, 考虑所述工作流体基线数据是非常重要的。

为了控制上述给出的六个独立参数, 所述系统首先装入最佳量的制冷剂。所述冷凝水以恒定的体积流率进行循环, 该循环是通过在其最大容量下对泵进行操作而实现的。所述空气流率是通过调节风扇电动机速率以获得恒定空气流动态压力而设定的。

为了同时控制其余三个独立参数, 所述冷凝水温度是通过使冷却水与所述冷凝循环水进行混合而实现控制的。所述空气入口温度保持在一个预定的数值, 其是通过采用蒸汽盘管和电加热器的组合对流出所述蒸发器的空气进行再加热而实现的。所述电加热器是用来准确地控制所述空气温度, 而所述蒸汽盘管是用来形成冷却负载的主体。最后, 用针形阀来控制流过所述系统的制冷剂流率, 其反过来可调节所述压缩机出口处的过热量。

在已经达到稳态操作之后, 以约 5 分钟的间隔对数据进行采集。为了减少在仪表读数方面可能的任何细小差错, 对几个重要参数采取多次读数。对这些多次读数进行统计处理, 以接近仪表读数的波动。

为了确保所述压缩机中制冷润滑剂处于可接受的纯度, 适合的用于改变制冷系统中所述润滑剂的实验方法是非常重要的。

所述润滑油改变是根据三次冲洗方法进行的, 如 Byrne J.J., M Shows 和 M.W. Abel. Investigation of flushing and cleanout methods for refrigeration equipment to ensure system

compatibility. Final report. ARTI MLLR Project Number 660-52502. 三次冲洗是一种用于从含有 R-12 的装置当它用 HFC-134a 更新时除去矿物油的方法。相同的方法可用于此目的，以便采用矿物油替代多元醇酯制冷润滑剂。所述方法要求三次润滑剂改变，以除去任何残余的矿物油，它可降低所述残余油至低于 1 体积%。

一种工业认可的制冷系统性能指标是制冷系数 (COP)。制冷系数定义为有用的能量传递 (即蒸发器蒸发量) 除以消耗的能量。所述制冷系数是对实施例 1 和实施例 A 的工作流体，在空气入口温度为 13℃、18℃ 和 24℃，和冷凝器水入口温度为 18.5℃、24℃、32℃ 和 40.5℃ 时，进行测定而得到的。这些测量的结果列在表 2 之中。在表 2 中，所述实施例 1 的工作流体标记为“POE 润滑剂”，而实施例 A 的工作流体标记为“矿物油”。

如图 2 中所示，采用 POE 润滑剂较采用矿物油的制冷系统操作是更为有效的。这可由表示采用实施例 1 的易混溶工作流体的 COP 结果的相对较高实线 (标记为“POE 1”) 而得到证实，实施例 A 的不易混溶工作流体的 COP 结果为虚线 (标记为“MO”)。这一结果表明，制冷系统的性能是通过采用易混溶的制冷工作流体而得以改善的，这类性能改善进而导致能量的节约。

图 2 还表明，COP 会由于改变空气和水的温度而明显地发生改变。这些差别可通过确定一个对应于空气温度为 13℃ 和水温为 18.5℃ 的参比点对其进行说明。这样就可观察到，在空气温度由参比点 13℃ 提高到 24℃，同时保持冷凝器水温度不变，COP 提高大约 25%。如果水的温度由 18.5℃ 提高到 40℃，则所述 COP 降低约 40%。尽管空气和水入口温度的改变，在测试的温度条件下，对于 COP 具有相当的影响，仅有一个例外，所述制冷系统的 COP 对于实施例 1 所述易混溶工作流体是较高的。

图 2 中图示的结果也可以图 3 所示的百分比差值来进行表示。所述百分比 COP 差值， COP_{dif} 定义为采用 POE 润滑剂的所述易混溶工作流体与采用矿物油的不易混溶工作流体间的 COP 的差值除以易混溶工作

流体的 COP 所得到的值。该数值可以百分比表示如下：

$$\text{COP}_{\text{dif}} [\%] = \frac{(\text{COP}_{\text{POE}} - \text{COP}_{\text{矿物油}})}{\text{COP}_{\text{矿物油}}} \times 100 \quad (1)$$

采用这种方法，图 3 中图示的结果还表明采用所述易混溶工作流体（POE 润滑剂）的系统操作较采用不易混溶工作流体（矿物油）的系统操作，具有更大的 COP。百分比差值可高达 2.5%。由图 3 可知，最大的百分比差值对应于具有最高蒸发器温度 24℃（75°F），而当蒸发器空气进入温度降低时，所述 COP 百分比差值减小到小于 1%。

这些结果表明，对于采用 24℃（75°F）的空气进入的空调应用操作来说，在压缩机中采用易混溶工作流体替代不易混溶工作流体，用于操作所述制冷系统的每 \$ 1000 费用，有节约 \$ 25 的潜在可能性。

按照与所述光滑管盘管相同的方法，对所述微翅片管盘管重复进行这些测试。具体地说，是对易混溶和不易混溶工作流体对采用微翅片盘管替代所述光滑管盘管的同一制冷装置的制冷系数的影响进行研究，该研究是通过相应的相同独立参数（即，制冷负荷；空气和水入口温度；空气和水流率；和在所述压缩机入口处的过热量）的制冷系统操作点进行比较。所获得的数据列在图 4 中，以表明两种类型盘管的类似系统性能。

对于采用光滑管盘管的情形来说，所述系统操作采用易混溶工作流体（POE）润滑剂比采用不易混溶工作流体（MO），较所述微翅片盘管的情形，是更为有效的。业已证实对于所述光滑管盘管，所述 COP 数据表明，相对于在微翅片管系统中易混溶工作流体的使用，是能量节约的。

图 4 还表明，COP 的主要差别是由于水和空气温度的变化所引起的。例如，如果水温由 24℃ 提高到 40℃，则所述 COP 降低 25%，如果空气温度从 24℃ 降低到 13℃，则它也会降低约 20%。仅对于冷凝器水温为 40℃（105°F）时，对于不同的空气温度，COP 百分比差值没有明显的差别。但是，制冷系统的 COP 在所有测试条件下，对于实施例 1

的所述易混溶工作流体来说是较高的。

所述百分比 COP 差值、先前的公式 (1) 中所定义的 COP_{dif} ，是由列于图 4 中的 COP 结果所获得的。以百分比表示的 COP_{dif} 结果列于图 5 中。采用这种方法，所述结果表明采用所述易混溶工作流体 (POE 润滑剂) 的系统操作较采用不易混溶工作流体 (矿物油) 的系统操作，具有更大的 COP。COP 百分比差值可高达约 4.5%，而且，最大的百分比差值对应于具有最高蒸发器温度 24℃ (75°F) 和最低冷凝器水温 24℃ (75°F)。当水温度提高和空气温度降低时，所述 COP 百分比差值表现为降低。

这些结果表明，对于采用 24℃ (75°F) 的空气进入的空调应用操作来说，对于操作所述制冷系统的每 \$ 1000 费用，在压缩机中采用所述易混溶工作流体较采用所述不易混溶工作流体，存在节约 \$ 45 的潜在可能性。因此，与采用所述微翅片管盘管使用的所述易混溶工作流体相关的可能的能量节约，比在所述光滑管盘管中发现的能量节约，是更高的。这个结果是特别明显的，因为微翅片盘管正越来越多地应用于制冷系统之中。

实施例 2

采用第二种包括 1, 1, 1, 2-四氟乙烷热传导流体和第二种多元醇酯润滑剂 (POE#2) 的易混溶工作流体，对上述的制冷装置测量其制冷系数。所述第二种多元醇酯是由 65 重量%季戊四醇和 35 重量%二季戊四醇的醇混合物与具有下述组成范围 (53-63 no. % nC_5 ; 5-15 no. % nC_6 ; 7-17 no. % nC_7 ; 7-17 no. % nC_8 ; 0-10 no. % nC_9 和 0-10 no. % nC_{10}) 的 5-10 个碳原子的直链酸的混合物所形成的。测量实施例 2 工作流体的制冷系数的条件，与用于实施例 1 和 A 的条件是相同的。实施例 1 和 2 (表示为 POE#1 和 #2) 的易混溶工作流体的 COP 的对比结果，如图 6 所示。

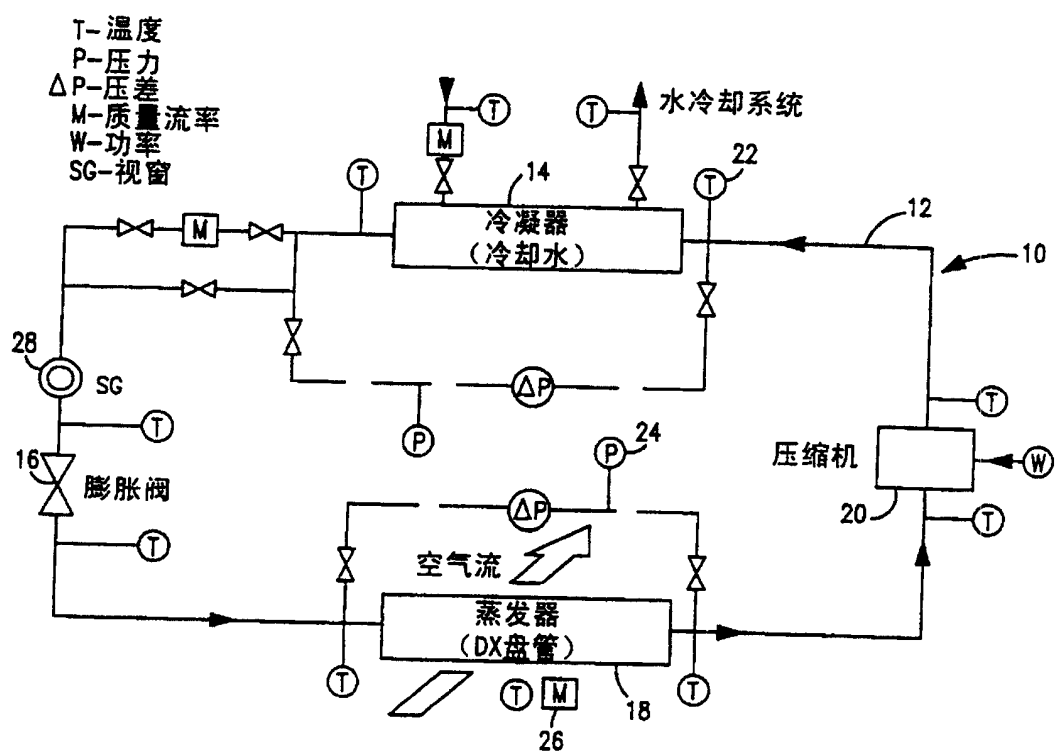
实施例 1 和 2 的工作流体的制冷系数结果，是相对于实施例 A 的不易混溶工作流体，以图 7 中的百分比差值，按照公式 (1) 通过计算

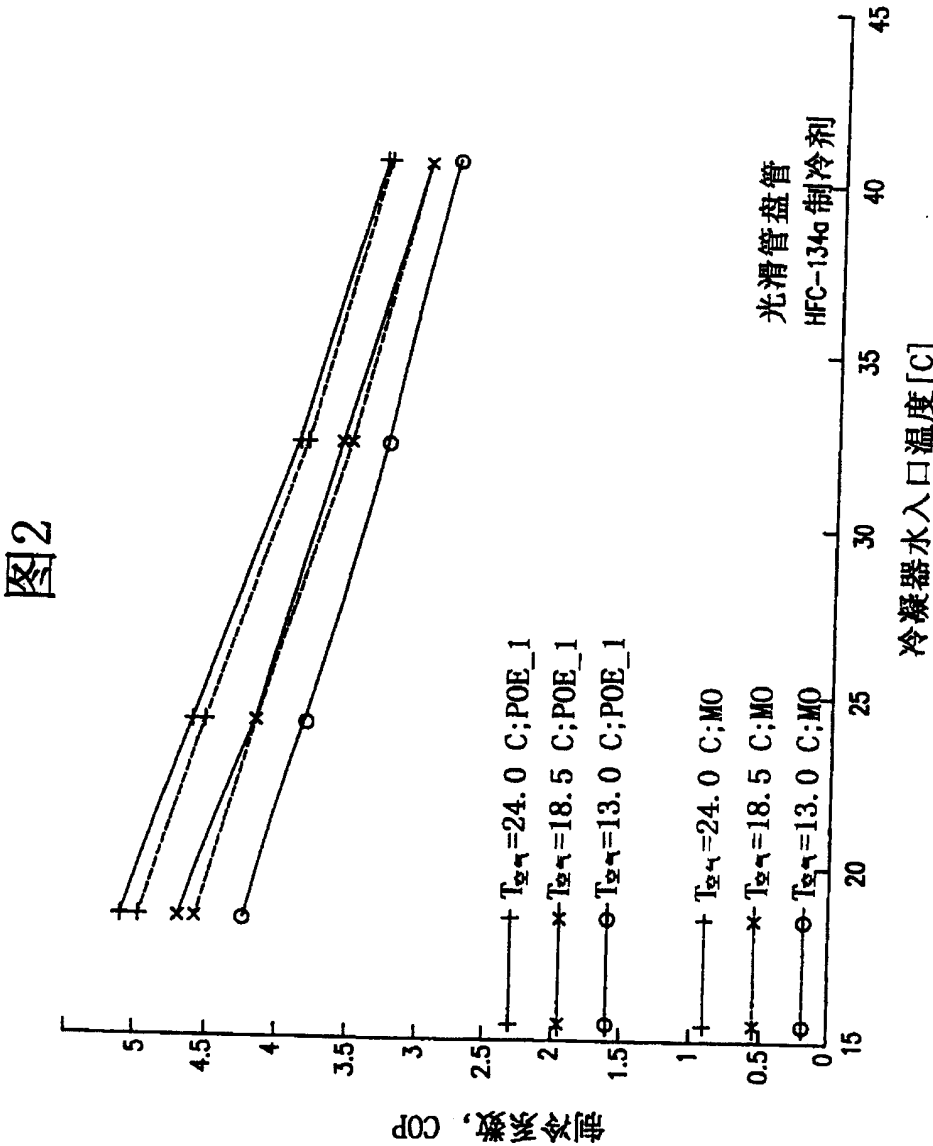
这些差值而确定的。对于实施例 1 和 2 (即 POE #1 和 POE #2) 的工作流体的 COP 百分比差值, 在图 7 中图示为以冷凝器水温度和蒸发器空气温度的函数。所述 COP 百分比差值数据表明, 实施例 2 的易混溶工作流体, 相对于实施例 A 的不易混溶工作流体, 改进了制冷系统的 COP。具体地说, 实施例 2 的易混溶工作流体的 COP 百分比的改进, 相对于实施例 A 的不易混溶工作流体, 变化是在 0.1-5.2%。这些结果表明, 对于采用 13℃ 的空气进入的空调应用操作来说, 对于操作所述制冷系统的每 \$ 1000 费用, 在压缩机中采用易混溶工作流体较采用不易混溶工作流体, 存在节约 \$ 52 的潜在可能性。实施例 1 的易混溶工作流体的 COP 百分比的改进, 较实施例 A 的不易混溶工作流体来说, 变化是在 1.6-4.7%。图 7 中所图示和上述讨论的 COP 百分比差值也列在表 2 中。所述 COP 百分比差值都是正值和高达 5.2% 的事实表明对于所有测试条件来说, 制冷系统性能采用易混溶的工作流体都得到了改善。

表 2: 两种 POE 润滑剂的 COP 百分比差值

	$T_{\text{冷凝}}=23.9\text{C}$		$T_{\text{冷凝}}=32.2\text{C}$		$T_{\text{冷凝}}=40.6\text{C}$	
	POE #1	POE #2	POE #1	POE #2	POE #1	POE #2
$T_{\text{空气}}=13.0\text{C}$	2.58	5.20	1.58	4.11	1.83	3.64
$T_{\text{空气}}=18.5\text{C}$	3.79	3.83	2.10	3.49	1.99	2.88
$T_{\text{空气}}=24.0\text{C}$	4.74	4.68	3.93	3.55	1.80	0.10

图1





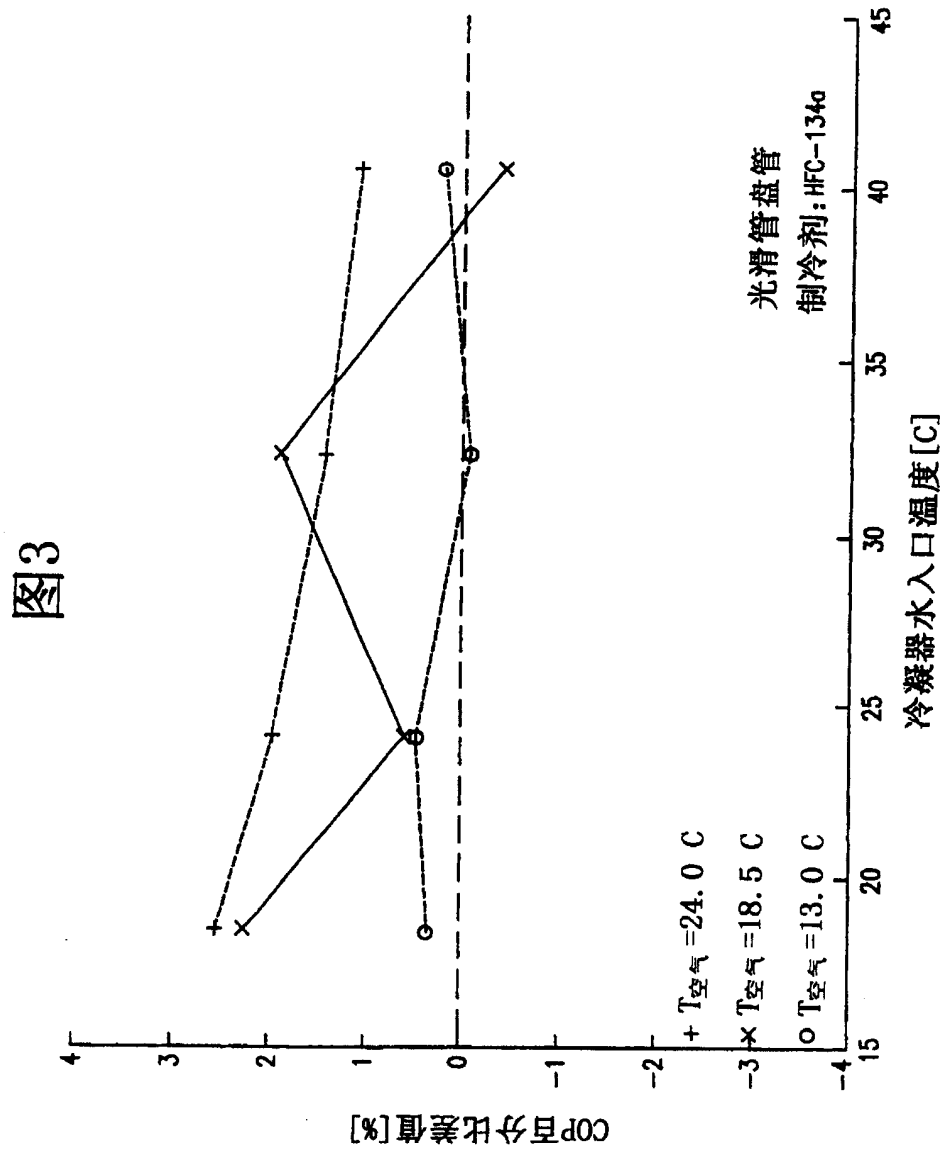


图4

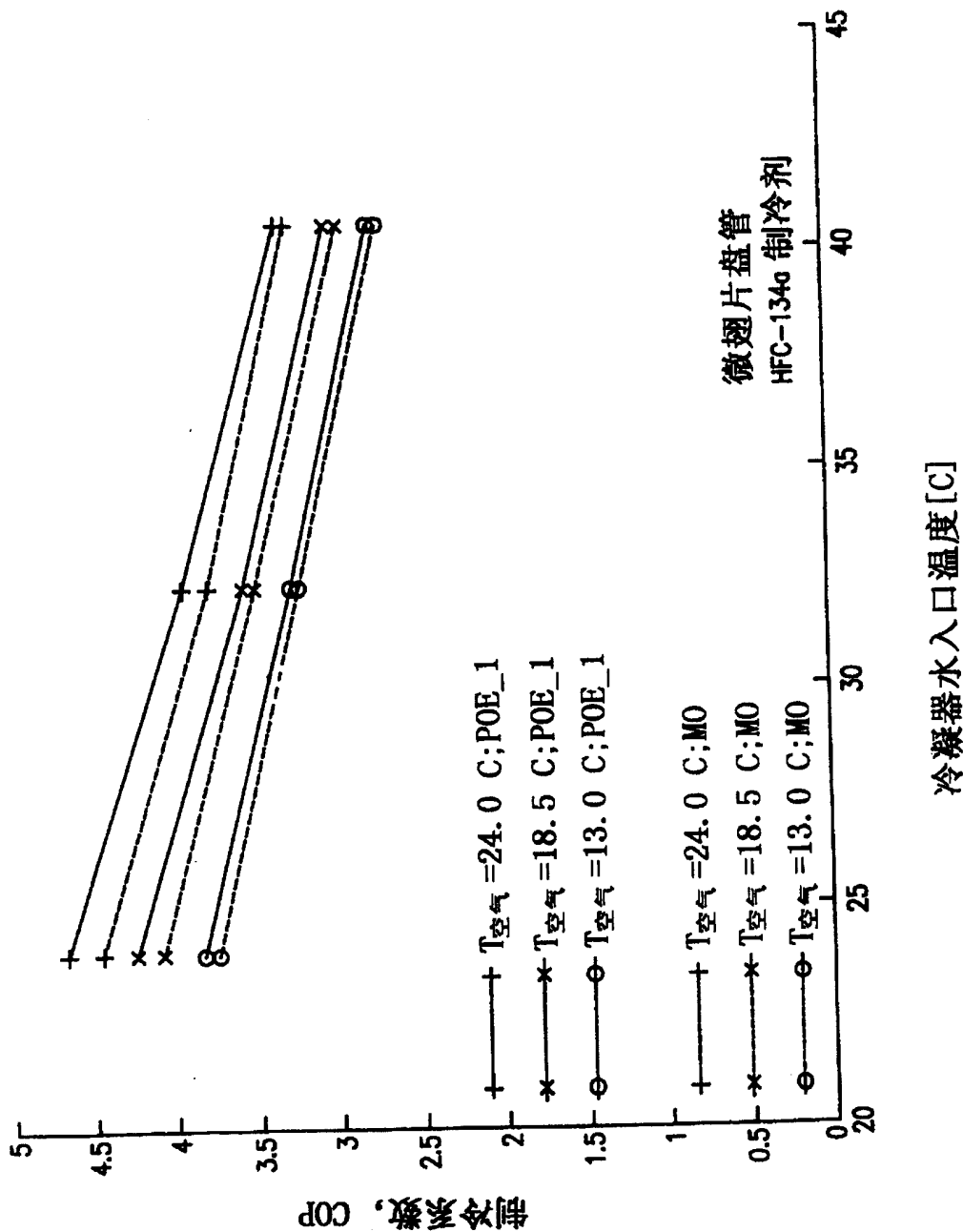


图5

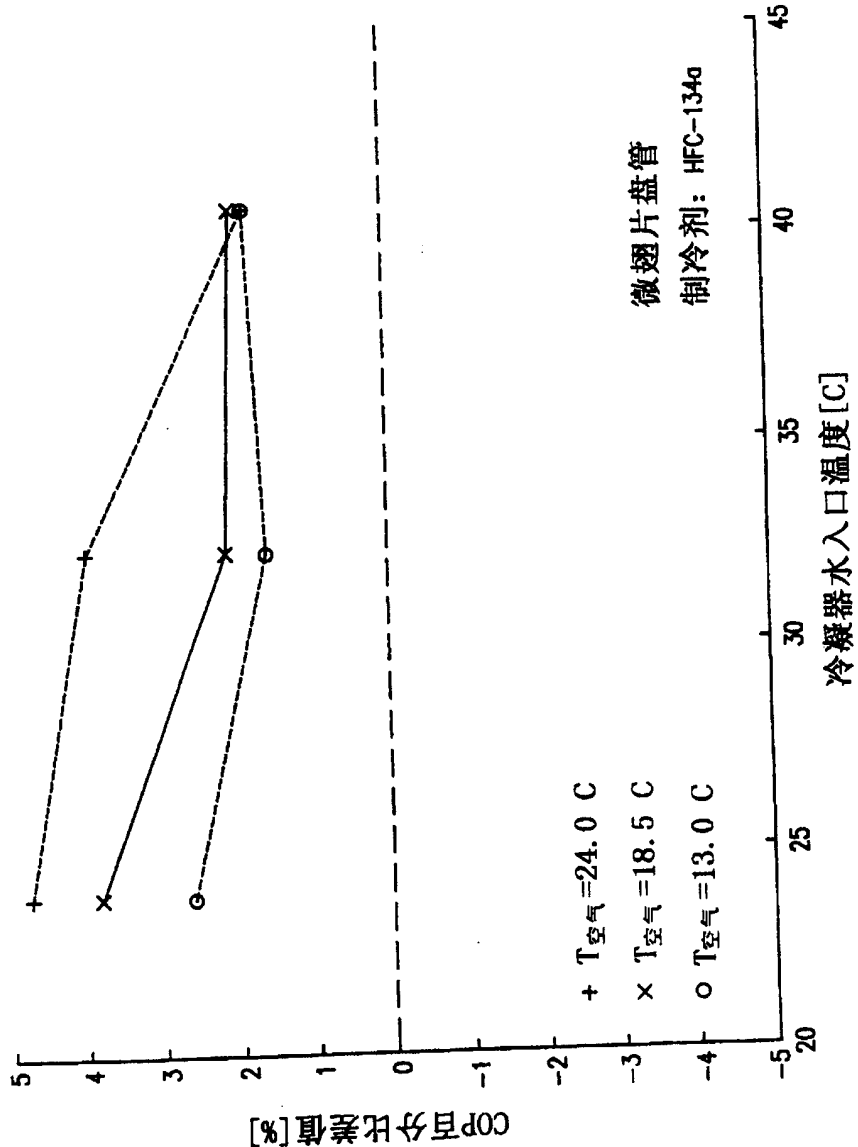


图6

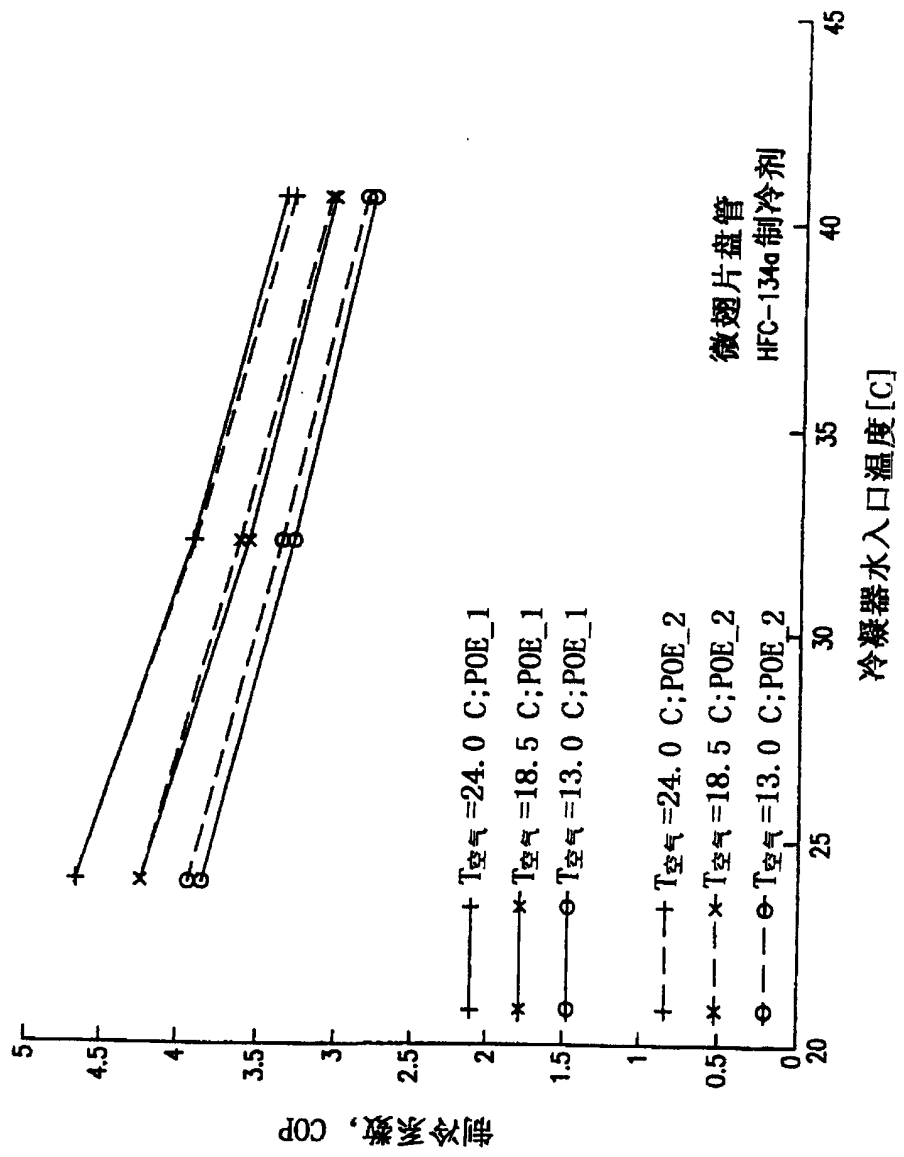


图7

