



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110423474 A

(43)申请公布日 2019.11.08

(21)申请号 201910718908.9 *C08K 7/14*(2006.01)
(22)申请日 2019.08.05 *C08K 7/24*(2006.01)
(71)申请人 航天特种材料及工艺技术研究所 *C08K 3/32*(2006.01)
地址 100074 北京市丰台区云岗北里40号 *C08K 5/053*(2006.01)
院 *C09K 5/06*(2006.01)
(72)发明人 张雅倩 金兆国 党广洲 纪旭阳
杨洁颖 张天翔
(74)专利代理机构 北京格允知识产权代理有限公司 11609
代理人 段娜娜
(51)Int.Cl.
C08L 91/06(2006.01)
C08L 23/06(2006.01)
C08L 53/02(2006.01)
C08K 13/04(2006.01)

权利要求书2页 说明书15页

(54)发明名称

一种组合物、利用该组合物制得的高效阻燃的相变热管理复合材料及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种组合物、利用该组合物制得的高效阻燃的相变热管理复合材料及其制备方法。所述组合物包含25-90wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料;5-15wt%的导热填料;5-25wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂;0-30wt%的树脂基材料;0-2wt%的抗氧化剂;0-3wt%的玻璃纤维。这一复合材料力学性能优异、导热系数高、对相变材料的封装率高、相变后无渗漏,能有效的对电池组温度进行调控,可将电池组的温度控制在最佳工作温度范围内,提高电池组的寿命与可靠性;能够达到UL 94标准的最高级别V-0,阻燃性能优异,提高了电池组的安全性。

1. 一种用于制备高效阻燃的相变热管理复合材料的组合物,其特征在于,所述组合物包含:

25-90wt%的相变温度为20~60°C的烷烃类相变材料;

5-15wt%的导热填料;

5-25wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇;

0-30wt%的树脂基材料;

0-2wt%的抗氧化剂;和

0-3wt%的玻璃纤维。

2. 根据权利要求1所述的组合物,其特征在于,所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg;优选地,所述相变材料为石蜡;

所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种,优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种;

所述树脂基材料选自聚苯乙烯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种,优选自高密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种;

所述抗氧化剂选用N,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺;和/或

所述玻璃纤维选用高强无捻长玻璃纤维纱线。

3. 根据权利要求1或2所述的组合物,其特征在于,所述相变材料在所述组合物中的质量百分含量为40.5-70%;

所述导热填料在所述组合物中的质量百分含量为5-10%;

所述阻燃剂在所述组合物中的质量百分含量为5-20%;

所述树脂基材料在所述组合物中的质量百分含量为5-25%;

所述抗氧化剂在所述组合物中的质量百分含量为0.5-1.5%;和/或

所述玻璃纤维在所述组合物中的质量百分含量为1-3%。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的组合物,其特征在于,所述组合物包含:

40.5-70wt%的相变温度为20~60°C的烷烃类相变材料;

5-10wt%的导热填料;

5-20wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂;

5-25wt%的树脂基材料;

0.5-1.5wt%的抗氧化剂;和

1-3wt%的玻璃纤维。

5. 一种高效阻燃的相变热管理复合材料,其特征在于,采用权利要求1至4任一项所述组合物制得。

6. 一种权利要求5所述的高效阻燃的相变热管理复合材料的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 将相变材料加热融化;

(2) 将熔化的相变材料与导热填料混合,冷却后过筛;
(3) 将步骤(2)制得的混合物料与阻燃剂、树脂基材料和抗氧剂混合;
(4) 将步骤(3)制得的混合物料与玻璃纤维混合后挤出造粒,得到所述高效阻燃的相变热管理复合材料。

7. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述组合物包含:

25-90wt%的相变温度为20~60°C的烷烃类相变材料;

5-15wt%的导热填料;

5-25wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇;

0-30wt%的树脂基材料;

0-2wt%的抗氧剂;和

0-3wt%的玻璃纤维。

8. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg;优选地,所述相变材料为石蜡;

所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种,优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种;

所述树脂基材料选自聚苯乙烯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种,优选自高密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种;

所述抗氧剂选用N,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺;和/或

所述玻璃纤维选用高强无捻长玻璃纤维纱线。

9. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述相变材料在所述组合物中的质量百分含量为40.5-70%;

所述导热填料在所述组合物中的质量百分含量为5-10%;

所述阻燃剂在所述组合物中的质量百分含量为5-20%;

所述树脂基材料在所述组合物中的质量百分含量为5-25%;

所述抗氧剂在所述组合物中的质量百分含量为0.5-1.5%;和/或

所述玻璃纤维在所述组合物中的质量百分含量为1-3%。

10. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述组合物包含:

40.5-70wt%的相变温度为20~60°C的烷烃类相变材料;

5-10wt%的导热填料;

5-20wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂;

5-25wt%的树脂基材料;

0.5-1.5wt%的抗氧剂;和

1-3wt%的玻璃纤维。

一种组合物、利用该组合物制得的高效阻燃的相变热管理复合材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及相变材料技术领域,尤其涉及一种组合物、利用该组合物制得的高效阻燃的相变热管理复合材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 在当前能源短缺与环境污染的双重压力下,发展新能源汽车是大势所趋。动力电池作为电动汽车的动力来源,其工作性能对整车性能有着至关重要的影响。但是电池在充放电过程中都会伴随热量的产生,如果产生的热量未能被有效地移除,那么热量在电池内部积聚就会使电芯温度升高,导致电池模块加速劣化,降低使用寿命。有时候电池模块甚至可能会发生着火或者爆炸等安全相关的事件,因此一般都需要对电池进行热管理,以控制电池的工作环境温度。

[0003] 目前,电池的冷却方式包括空气散热系统(即空气冷却)、液体冷却系统、半导体制冷系统,空气冷却是目前主要采用的方法。空气冷却比较容易实现,但冷却效果不佳;液体冷却散热效果较好,但是结构复杂,成本较高,且冷却介质容易泄露,可靠性差;半导体制冷系统需要额外的供能系统。

[0004] 近年来在国外和国内出现采用相变材料(Phase Change Material,PCM)冷却的电池热管理系统展现出良好前景。利用PCM进行电池冷却原理是:当电池进行大电流放电时,PCM吸收电池放出的热量,自身发生相变,而使电池温度迅速降低。相变材料用于电池热管理冷却系统中具有不需要运动部件、不需要耗费电池额外能量等优势,值得进一步研究和产业化开发应用。

[0005] 目前,相变材料主要分为无机相变材料和有机相变材料。由于无机相变材料有过冷、腐蚀性和热稳定性差等缺点不利于在电池热管理中应用。有机物相变材料的研究以石蜡类相变材料为主。石蜡类相变材料安全、无毒、成本低、化学性能稳定,在熔化的过程中体积变化很小,蒸汽压力低,并且相变温度覆盖范围广,适合用于动力电池的热管理。但是石蜡类相变材料属于易燃物,并且常做为定形相变材料支撑材料的聚烯烃类高分子聚合物也是可燃的,而且在着火过程中可释放出大量有毒气体,热量大、温度高,存在较高的火灾危险性,这些缺点严重阻碍了相变热管理复合材料在热管理领域的大规模应用。

[0006] 申请号为201621231244.1的中国专利申请中公开了“一种基于定形相变材料的动力电池热管理系统”,该专利解决了热管理系统中相变材料易泄露、导热系数低的问题,但是仍然没有解决相变材料易燃、火灾危害性高的问题。

[0007] 申请号为201110191570.X的中国专利申请中公开了“相变复合材料、其制备方法及应用”,该专利虽然制备出防火阻燃的相变材料,但是该专利中所添加的阻燃剂为氯化石蜡与溴系阻燃剂的复配体系,虽然溴系阻燃剂阻燃效果较好,但是在其阻燃的同时也带来了严重的后果:添加溴系阻燃剂的材料在被明火点燃时或者是被高温引燃时会放出大量的卤化氢、二噁英等有毒气体,而卤化氢气体能吸收空气中的水分形成氢化酸,具有强烈的腐

蚀性,可造成二次伤害。

[0008] 申请号为200810196742.0的中国专利申请中公开了“一种阻燃定形相变材料及其制备方法”,该专利选择添加了环保型的膨胀阻燃剂,并用锥形量热仪对其燃烧性能进行了测试,测试了热释放量和燃烧时间,但未按照现阶段国际通用的UL 94垂直燃烧等级对其阻燃性能进行测试,也未对其力学性能进行测试。

发明内容

[0009] 针对现有技术中存在的缺陷或不足,本发明要解决的是:提供一种新型的高效阻燃的相变热管理材料。

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明提供了如下技术方案:

[0011] 一种用于制备高效阻燃的相变热管理复合材料的组合物,所述组合物包含:

[0012] 25-90wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料;

[0013] 5-15wt%的导热填料;

[0014] 5-25wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇;

[0015] 0-30wt%的树脂基材料;

[0016] 0-2wt%的抗氧化剂;和

[0017] 0-3wt%的玻璃纤维。

[0018] 优选地,所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg;优选地,所述相变材料为石蜡;

[0019] 所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种,优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种;

[0020] 所述树脂基材料选自聚苯乙烯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种,优选自高密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种;

[0021] 所述抗氧化剂选用N,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺;和/或

[0022] 所述玻璃纤维选用高强无捻长玻璃纤维纱线。

[0023] 优选地,所述相变材料在所述组合物中的质量百分含量为40.5-70%;

[0024] 所述导热填料在所述组合物中的质量百分含量为5-10%;

[0025] 所述阻燃剂在所述组合物中的质量百分含量为5-20%;

[0026] 所述树脂基材料在所述组合物中的质量百分含量为5-25%;

[0027] 所述抗氧化剂在所述组合物中的质量百分含量为0.5-1.5%;和/或

[0028] 所述玻璃纤维在所述组合物中的质量百分含量为1-3%。

[0029] 优选地,所述组合物包含:

[0030] 40.5-70wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料;

[0031] 5-10wt%的导热填料;

[0032] 5-20wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂;

- [0033] 5-25wt%的树脂基材料；
- [0034] 0.5-1.5wt%的抗氧剂；和
- [0035] 1-3wt%的玻璃纤维。
- [0036] 本发明还提供了一种高效阻燃的相变热管理复合材料，该复合材料采用本发明提供的所述组合物制得。
- [0037] 本发明还提供了一种利用本发明提供的这一组合物制备高效阻燃的相变热管理复合材料的方法，包括如下步骤：
- [0038] (1) 将相变材料加热融化；
- [0039] (2) 将熔化的相变材料与导热填料混合，优选在真空条件下进行混合，冷却后过筛；
- [0040] (3) 将步骤(2)制得的混合物料与阻燃剂、树脂基材料和抗氧剂混合，优选在高转速下进行混合；
- [0041] (4) 将步骤(3)制得的混合物料与玻璃纤维混合后挤出造粒，得到所述高效阻燃的相变热管理复合材料。
- [0042] 优选地，所述组合物包含：
- [0043] 25-90wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料；
- [0044] 5-15wt%的导热填料；
- [0045] 5-25wt%的一种或多种如下阻燃剂：次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇；
- [0046] 0-30wt%的树脂基材料；
- [0047] 0-2wt%的抗氧剂；和
- [0048] 0-3wt%的玻璃纤维。
- [0049] 优选地，所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg；优选地，所述相变材料为石蜡；
- [0050] 所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种，优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种；
- [0051] 所述树脂基材料选自聚苯乙烯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种，优选自高密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种；
- [0052] 所述抗氧剂选用N,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺；和/或
- [0053] 所述玻璃纤维选用高强无捻长玻璃纤维纱线。
- [0054] 优选地，所述相变材料在所述组合物中的质量百分含量为40.5-70%；
- [0055] 所述导热填料在所述组合物中的质量百分含量为5-10%；
- [0056] 所述阻燃剂在所述组合物中的质量百分含量为5-20%；
- [0057] 所述树脂基材料在所述组合物中的质量百分含量为5-25%；
- [0058] 所述抗氧剂在所述组合物中的质量百分含量为0.5-1.5%；和/或
- [0059] 所述玻璃纤维在所述组合物中的质量百分含量为1-3%。
- [0060] 优选地，所述组合物包含：

- [0061] 40.5-70wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料；
- [0062] 5-10wt%的导热填料；
- [0063] 5-20wt%的一种或多种如下阻燃剂：次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂；
- [0064] 5-25wt%的树脂基材料；
- [0065] 0.5-1.5wt%的抗氧剂；和
- [0066] 1-3wt%的玻璃纤维。
- [0067] 有益效果
- [0068] 本发明的上述技术方案具有如下优点：
- [0069] 本发明采用相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料作为制备热管理材料的相变材料，更优选采用相变潜热为150~260kJ/kg的相变材料，从而使热管理复合材料的温度调节具有灵敏性、高效性、有效性。本提供了一批阻燃效率极高的阻燃剂，通过分析聚合物燃烧机理以及不同阻燃剂的阻燃机理，本发明最终选定次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇中的任一种或多种材料作为电池热管理材料的阻燃剂，这类阻燃剂不但与相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料有良好的适应性，而且对热管理材料或构件阻燃效果明显，使得热管理材料或构件的阻燃效率大幅度提升，最高可达到UL94标准的V-0级别。另外，本发明所用的阻燃剂环保无毒，成本较低，大大拓宽了阻燃相变热管理材料的应用范围。本发明中的导热填料不仅可以起到提高最终制得的热管理复合材料的导热性的效果，而且由于本发明使用的相变材料在吸热后表现出一定的流动性，上述种类的导热填料还对相变材料表现出较高的封装率，使相变材料在相变后无渗漏。
- [0070] 本发明将阻燃剂在组合物中的质量百分占比控制在5-25wt%，使最终制得的热管理复合材料或构件的兼顾阻燃性能与力学性能。
- [0071] 本发明的高效阻燃相变热管理复合材料力学性能优异、导热系数高、对相变材料的封装率高、相变后无渗漏，能有效的对电池组温度进行调控，可将电池组的温度控制在最佳工作温度范围内，提高电池组的寿命与可靠性。
- [0072] 本发明对高效阻燃相变材料阻燃性能测试所选择的测试标准为UL 94垂直燃烧标准，具有国际通用性，其测试结果具有权威性、行业内认可度高。
- [0073] 本发明的高效阻燃相变热管理复合材料能够达到UL 94标准的最高级别V-0，其阻燃性能优异，有效的减少了相变材料的火灾危害性，大大提高了电池组的安全性。

具体实施方式

[0074] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例，对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0075] 本发明在第一方面提供了一种用于制备高效阻燃的相变热管理复合材料的组合物，所述组合物包含：

- [0076] 25-90wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料；
- [0077] 5-15wt%的导热填料；

[0078] 5-25wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇;

[0079] 0-30wt%的树脂基材料;

[0080] 0-2wt%的抗氧剂;和

[0081] 0-3wt%的玻璃纤维。

[0082] 本发明采用相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料作为制备热管理材料的相变材料,这类相变材料在20~60℃发生相变,吸收电池周围环境的热量,使电池温度迅速降低,可灵敏地实现电池的热管理。20~60℃的相变材料应用于热管理材料中表现出显著的优势,不会出现电池周围环境升温过高时才触发相变,是一种灵敏的适用于电池热管理的相变材料,从而使热管理复合材料的温度调节具有灵敏性。同时,它还能满足电池单体间温度分布的均衡,将电池的最大温差控制10℃以内,保证电池在最佳温度范围内工作。在本发明提供的组合物中,这一特定的相变材料在组合物中的占比最高可达到95%,使热管理复合材料表现出优异的相变调节能力。具体地,所述相变材料在组合物中的质量百分含量为25-90wt%,可以为该范围内的任意数值,例如,可以为25wt%、30wt%、35wt%、40wt%、45wt%、50wt%、55wt%、60wt%、65wt%、70wt%、75wt%、80wt%、85wt%、90wt%、95wt%。更优选地,所述相变材料在组合物中的质量百分含量为40.5-70wt%。在一些优选的实施方式中,所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg,可以为该范围内的任意数值,例如,可以为150kJ/kg、160kJ/kg、170kJ/kg、180kJ/kg、190kJ/kg、200kJ/kg、210kJ/kg、220kJ/kg、230kJ/kg、240kJ/kg、250kJ/kg、260kJ/kg。具有这一相变潜热的相变材料表现出高储热性和高导热性,不但可快速吸收电池周围环境的热量,而且还能有效地对热量进行吸收,使电池温度迅速降低,从而使热管理复合材料的温度调节具有高效性、有效性。综上所述,本发明的所用的相变材料具有高储热性和高导热性,可用于新能源电动汽车、无人机、机器人等的动力电池及其它电池的电池组热管理,有效的吸收电池放出的热量并迅速扩散至周围环境中,均衡电池组内各单体电池的温度。

[0083] 本发明采用次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇中的任一种或多种材料作为电池热管理材料的阻燃剂,这类阻燃剂不但与相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料有良好的适应性,而且对热管理材料或构件阻燃效果明显,使得热管理材料或构件的阻燃效率大幅度提升,最高可达到UL 94标准的V-0级别。另外,本发明所用的阻燃剂环保无毒,成本较低,大大拓宽了阻燃相变热管理材料的应用范围。所述磷氮纳米复合阻燃剂是指纳米二氧化硅或纳米蒙脱土+磷氮系的复合阻燃剂。

[0084] 发明人不但对组合物中的组分进行了优选。发明人还发现,次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂、双季戊四醇这几类阻燃剂成分在组合物中的占比并非越高越好。理论上,考虑到阻燃剂用量越高其阻燃效果越好,阻燃剂在组合物中的用量也是越高越好。但发明人在研究中发现,当次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂作为阻燃剂时,阻燃剂的含量达到某一数值(不同阻燃剂种类稍有不同)时,材料的阻燃效果可以达到UL 94标准的最高级别V-0,继续提高阻燃剂的用量无显著意义,而且过高的使用量会导致阻燃相变热管理复合材料的力学性能降低。因此,本发明将阻燃剂在组合物中的质量百分占比控制在5-25wt%,兼顾最终制得的热管理复合材料或构件的阻燃性能与力学性能。具体地,阻燃剂的占比可以为上述范围内的任意数值,例如,可以为

5wt%、6wt%、7wt%、8wt%、9wt%、10wt%、11wt%、12wt%、13wt%、14wt%、15wt%、16wt%、17wt%、18wt%、19wt%、20wt%、21wt%、22wt%、23wt%、24wt%、25wt%。更优选地,阻燃剂在组合物中的占比为5-20wt%。

[0085] 在一些优选的实施方式中,所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种,优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种。本发明组合物中包含导热填料,优选上述种类的材料作为导热填料不仅可以起到提高最终制得的热管理复合材料的导热性的效果,而且由于本发明使用的相变材料在吸热后表现出一定的流动性,上述种类的导热填料还对相变材料表现出较高的封装率,相变材料在相变后无渗漏。优选地,所述导热填料在组合物中的质量百分含量为5-15wt%,可以为该范围内的任意数值,例如,可以为5wt%、6wt%、7wt%、8wt%、9wt%、10wt%、11wt%、12wt%、13wt%、14wt%、15wt%。导热填料过高,相对地,相变材料含量降低,导致样品的焓值降低,进一步导致储热能力降低。更优选地,所述导热填料在组合物中的质量百分含量为5-10wt%。

[0086] 本发明提供的组合物可以包含有相变材料、导热填料和阻燃剂,而不包含树脂基材料、抗氧化剂和玻璃纤维。此时,相变材料、导热填料和阻燃剂的在组合物中的质量百分含量分别为60~90wt%、5~15wt%和5~25wt%。所述相变材料为相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料,所述阻燃剂选自次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂中的任一种或多种。在一些优选的实施方式中,所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg。在一些优选的实施方式中,所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种,优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种。更为全面地,本发明提供的组合物包含有相变材料、导热填料和阻燃剂,而不包含树脂基材料、抗氧化剂和玻璃纤维。相变材料、导热填料和阻燃剂的在组合物中的质量百分含量分别为60~90wt%、5~15wt%和5~25wt%。所述相变材料为相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料且所述相变材料的相变潜热为150~260kJ/kg。所述阻燃剂选自次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂中的任一种或多种。所述导热填料选自氮化铝、铝粉、铜粉、泡沫碳、碳化硅、导热碳纤维、石墨粉、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种,优选自泡沫碳、膨胀石墨、石墨烯中的任一种或多种。

[0087] 本发明提供的组合物除了包含有相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料、导热填料和阻燃剂外,还可以包含有树脂基材料、抗氧化剂和玻璃纤维中的任一种或多种。树脂基材料能够更好的对相变材料进行封装,降低相变材料的渗漏风险,且能够提高相变热管理材料的力学性能。抗氧化剂可以提高相变热管理材料的耐久性和寿命。玻璃纤维可以提高相变热管理材料的力学性能并且降低其收缩率。对于所有可能的方案来说,所述树脂基材料优选自聚苯乙烯、高密度聚乙烯(HDPE)、低密度聚乙烯(LDPE)、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种,更优选自高密度聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体中的任一种或多种。所述抗氧化剂优选自N,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺。所述玻璃纤维选用高强无捻长玻璃纤维纱线。以下是组合物可选的方案:

[0088] 方案A:

- [0089] 5~15wt%的所述导热填料；
- [0090] 5~25wt%的所述阻燃剂；
- [0091] 所述树脂基材料,所述树脂基材料在组合物中的占比 $X_{\text{树脂基材料}}$ 满足如下条件: $0 < X_{\text{树脂基材料}} \leq 30\text{wt}\%$,例如,0.5wt%、1wt%、2wt%、3wt%、4wt%、5wt%、6wt%、7wt%、8wt%、9wt%、10wt%、11wt%、12wt%、13wt%、14wt%、15wt%、16wt%、17wt%、18wt%、19wt%、20wt%、21wt%、22wt%、23wt%、24wt%、25wt%、26wt%、27wt%、28wt%、29wt%、30wt%,优选为 $5\text{wt}\% \leq X_{\text{树脂基材料}} \leq 25\text{wt}\%$ ；
- [0092] 所述相变材料,补足至100%。
- [0093] 方案B:
- [0094] 5~15wt%的所述导热填料；
- [0095] 5~25wt%的所述阻燃剂；
- [0096] 所述抗氧剂,所述抗氧剂在组合物中的占比 $X_{\text{抗氧剂}}$ 满足如下条件: $0 < X_{\text{抗氧剂}} \leq 2\text{wt}\%$,例如,0.5wt%、1wt%、1.5wt%、2wt%,优选为 $0.5\text{wt}\% \leq X_{\text{抗氧剂}} \leq 1.5\text{wt}\%$ ；
- [0097] 所述相变材料,补足至100%。
- [0098] 方案C:
- [0099] 5~15wt%的所述导热填料；
- [0100] 5~25wt%的所述阻燃剂；
- [0101] 所述玻璃纤维,所述玻璃纤维在组合物中的占比 $X_{\text{玻璃纤维}}$ 满足如下条件: $0 < X_{\text{玻璃纤维}} \leq 3\text{wt}\%$,例如,0.5wt%、1wt%、1.5wt%、2wt%、2.5wt%、3wt%,优选为 $1\text{wt}\% \leq X_{\text{玻璃纤维}} \leq 3\text{wt}\%$ ；
- [0102] 所述相变材料,补足至100%。
- [0103] 方案D:
- [0104] 5~15wt%的所述导热填料；
- [0105] 5~25wt%的所述阻燃剂；
- [0106] 所述树脂基材料,含量参考方案A；
- [0107] 所述抗氧剂,含量参考方案B；
- [0108] 所述相变材料,补足至100%。
- [0109] 方案E:
- [0110] 5~15wt%的所述导热填料；
- [0111] 5~25wt%的所述阻燃剂；
- [0112] 所述树脂基材料,含量参考方案A；
- [0113] 所述玻璃纤维,含量参考方案C；
- [0114] 所述相变材料,补足至100%。
- [0115] 方案F:组合物中包含相变材料、导热填料、阻燃剂、抗氧剂和玻璃纤维。此时,所述组合物中各组分的含量为:
- [0116] 5~15wt%的所述导热填料；
- [0117] 5~25wt%的所述阻燃剂；
- [0118] 所述抗氧剂,含量参考方案B；
- [0119] 所述玻璃纤维,含量参考方案C；

- [0120] 所述相变材料,补足至100%。
- [0121] 方案G:组合物中包含相变材料、导热填料、阻燃剂、树脂基材料、抗氧化剂和玻璃纤维。此时,所述组合物中各组分的含量为:
- [0122] 5-15wt%的所述导热填料;
- [0123] 5-25wt%的所述阻燃剂;
- [0124] 大于0-30wt%的所述树脂基材料,即树脂基材料的含量大于0,最高为30wt%,可以为该范围内的任意数值,参考方案A;
- [0125] 大于0-2wt%的所述抗氧化剂,即抗氧化剂的含量大于0,最高为2wt%,可以为该范围内的任意数值,参考方案B;
- [0126] 大于0-3wt%的所述玻璃纤维,即玻璃纤维的含量大于0,最高为3wt%,可以为该范围内的任意数值,参考方案C;
- [0127] 所述相变材料,补足至100%。
- [0128] 更优选地,所述组合物包含:
- [0129] 40.5-70wt%的相变温度为20~60℃的烷烃类相变材料;
- [0130] 5-10wt%的导热填料;
- [0131] 5-20wt%的一种或多种如下阻燃剂:次磷酸铝、聚磷酸铵+季戊四醇复合物、磷氮纳米复合阻燃剂;
- [0132] 5-25wt%的树脂基材料;
- [0133] 0.5-1.5wt%的抗氧化剂;和
- [0134] 1-3wt%的玻璃纤维。
- [0135] 本发明在第二方面提供了一种利用本发明提供的组合物制得的高效阻燃的相变热管理复合材料。
- [0136] 本发明在第三方面提供了一种利用所述组合物制备高效阻燃的相变热管理复合材料的方法,也即高效阻燃的相变热管理复合材料的制备方法,包括如下步骤:
- [0137] (1) 将相变材料加热融化;
- [0138] (2) 将熔化的相变材料与导热填料混合,冷却后过筛;
- [0139] (3) 将步骤(2)制得的混合物料与阻燃剂、树脂基材料和抗氧化剂混合;
- [0140] (4) 将步骤(3)制得的混合物料与玻璃纤维混合后挤出造粒,得到所述高效阻燃的相变热管理复合材料。
- [0141] 本发明提供的这一复合材料为粒料,可以利用该粒料通过注塑成型的方式制备成高效阻燃的相变热管理构件。
- [0142] 以下是本发明列举的实施例。
- [0143] 实施例1
- [0144] ①称取7.3kg相变温度为40℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取1.0kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入0.2kg的短切玻璃纤维、1.5kg的聚磷酸铵阻燃剂,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,制得高效阻燃相变材料粉料;
- [0145] ②将步骤①中混合均匀的粉料装入模具内,并且将其在模具内铺设均匀,合上模具后,放入压机内以20MPa的压力压紧模具,保压30min后拆模,得到高效阻燃相变材料构

件。

[0146] 实施例2

[0147] ①称取7.3kg相变温度为40℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取1.0kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入0.2kg的短切玻璃纤维、1.5kg的聚磷酸铵和季戊四醇复合阻燃剂(其中聚磷酸铵与季戊四醇的质量比为3:1),在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,制得高效阻燃相变材料粉料;

[0148] ②将步骤①中混合均匀的粉料装入模具内,并且将其在模具内铺设均匀,合上模具后,放入压机内以20MPa的压力压紧模具,保压30min后拆模,得到高效阻燃相变材料构件。

[0149] 实施例3

[0150] ①称取5.5kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、1.5kg的聚磷酸铵和季戊四醇复合阻燃剂(其中聚磷酸铵与季戊四醇的质量比为3:1)和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入;

[0151] ②将0.2kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入;

[0152] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料;

[0153] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0154] 实施例4

[0155] ①称取5.5kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、1.5kg的磷氮纳米复合阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入;

[0156] ②将0.2kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入;

[0157] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料;

[0158] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0159] 实施例5

[0160] ①称取5.5kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑

性弹性体、1.5kg的次磷酸铝阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入;

[0161] ②将0.2kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入;

[0162] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料;

[0163] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0164] 实施例6

[0165] ①称取5.0kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、2.0kg的次磷酸铝阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入;

[0166] ②将0.2kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入;

[0167] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料;

[0168] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0169] 实施例7

[0170] ①称取4.5kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1.4kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、2.0kg的次磷酸铝阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入;

[0171] ②将0.3kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入;

[0172] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料;

[0173] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0174] 实施例8

[0175] ①称取4.2kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1.2kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、2.5kg的次磷酸铝阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入;

[0176] ②将0.3kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入；

[0177] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料；

[0178] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0179] 实施例9

[0180] ①称取3.5kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.7kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1.2kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、3.0kg的次磷酸铝阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入；

[0181] ②将0.3kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入；

[0182] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料；

[0183] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0184] 实施例10

[0185] ①称取4.3kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取2.0kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入0.8kg高密度聚乙烯、1kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、1.5kg的次磷酸铝阻燃剂和0.1kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入；

[0186] ②将0.3kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入；

[0187] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料；

[0188] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定形相变材料构件。

[0189] 实施例11

[0190] ①称取2.5kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取1.5kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入1kg高密度聚乙烯、2kg氢化苯乙烯-丁二烯-苯乙烯热塑性弹性体、2.5kg的次磷酸铝阻燃剂和0.2kgN,N'-双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰基)己二胺,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,得到混合料,然后由双螺杆挤出机的可称量料筒1加入；

[0191] ②将0.3kg高强玻璃纤维纱线由双螺杆挤出机第四段筒体加入；

[0192] ③通过调整双螺杆挤出机的相应参数,进行挤出并造粒,制得高效阻燃定型相变材料粒料；

[0193] ④将步骤③制得的高效阻燃定型相变材料粒料通过注塑成型制得高效阻燃定型相变材料构件。

[0194] 实施例12

[0195] 称取9.0kg相变温度为50℃的石蜡相变材料,在70℃烘箱内加热1小时使其完全融化,再称取0.5kg膨胀石墨将其与熔融后的石蜡一起加入真空加热搅拌釜内,抽真空后搅拌30min,待其冷却后过筛,再加入0.5kg的次磷酸铝阻燃剂,在高速混合机中高速混合20min,充分搅拌至混合均匀,制得高效阻燃相变材料粉料;

[0196] ②将步骤①中混合均匀的粉料装入模具内,并且将其在模具内铺设均匀,合上模具后,放入压机内以20MPa的压力压紧模具,保压30min后拆模,得到高效阻燃相变材料构件。

[0197] 表1记载了各个实施例的工艺条件。

[0198] 表1

编号	配方					
	相变材料	导热填料	阻燃剂	树脂基	抗氧化剂	玻璃纤维
[0199]						

[0200]

				材料		
实施例 1	73wt%	10wt%	15wt%	0	0	2wt%
			聚磷酸铵			
实施例 2	73wt%	10wt%	15wt%	0	0	2wt%
			聚磷酸铵 +季戊四醇			
实施例 3	55wt%	7wt%	15wt%	20wt%	1wt%	2wt%
			聚磷酸铵 +季戊四醇			
实施例 4	55wt%	7wt%	15wt%	20wt%	1wt%	2wt%
			磷氮纳米 复合阻燃 剂			
实施例 5	55wt%	7wt%	15wt%	20wt%	1wt%	2wt%
			次磷酸铝			
实施例 6	50wt%	7wt%	20wt%	20wt%	1wt%	2wt%
			次磷酸铝			
实施例 7	45wt%	7wt%	20wt%	24wt%	1wt%	3wt%
			次磷酸铝			
实施例 8	42wt%	7wt%	25wt%	22wt%	1wt%	3wt%
			次磷酸铝			
实施例 9	35wt%	7wt%	30wt%	24wt%	1wt%	3wt%
			次磷酸铝			
实施例 10	43wt%	20wt%	15wt%	18wt%	1wt%	3wt%
			次磷酸铝			

[0201]	实施例 11	25wt%	15wt%	25wt% 次磷酸铝	30wt%	2wt%	3wt%
	实施例 12	90wt%	5wt%	5wt% 次磷酸铝	0	0	0

[0202] 将制得的高效阻燃相变热管理复合材料构件,按GB/T 531.1-2008测试硬度;按GB/T 528-2009测试拉伸强度;按GB/T 1041-2008测试压缩强度;按ASTM D5470测试导热系数;按GB/T 1692-2008测试体积电阻率;按UL 94测试阻燃等级。

[0203] 检测结果见表2。

[0204] 表2

[0205]

实施例	硬度 (Shore A)	拉伸强度 (MPa)	压缩强度 (MPa)	导热系数 (W/m·K)	体积电阻率 ($\Omega\cdot\text{cm}$)	阻燃 等级
实施例 1	30	0.35	1.12	5.5	0.58	V-1
实施例 2	32	0.41	1.10	5.2	0.65	V-0
实施例 3	96	7.35	20.8	0.95	1×10^{13}	V-2
实施例 4	101	7.6	21.3	0.98	1×10^{13}	V-1
实施例 5	104	7.8	22.7	1.01	1×10^{13}	V-1
实施例 6	98	7.43	20.4	0.98	1×10^{13}	V-0
实施例 7	120	9.2	27.8	0.93	1×10^{13}	V-0
实施例 8	101	7.46	21.4	1.02	1×10^{13}	V-0
实施例 9	102	7.37	20.5	1.01	1×10^{13}	V-0
实施例 10	104	7.54	20.7	1.25	1×10^{13}	V-1
实施例 11	127	9.7	28.4	1.21	1×10^{13}	V-0
实施例 12	20	0.28	1.03	2.8	208	HB

[0206] 由实施例1与实施例1可以看出,聚磷酸铵和季戊四醇复合阻燃剂比单独使用聚磷酸铵阻燃剂阻燃效果好;

[0207] 由实施例3与实施例4可以看出,磷氮纳米复合阻燃剂的阻燃效果要优于聚磷酸铵和季戊四醇复合阻燃剂;

[0208] 由实施例5与实施例6可以看出,次磷酸铝阻燃剂的阻燃效果要优于磷氮纳米复合阻燃剂;

[0209] 综上所述可以看出,上述实施例与对比例中所使用的阻燃剂对于相变材料其阻燃效果

依次为：次磷酸铝>磷氮纳米复合阻燃剂>聚磷酸铵和季戊四醇复合阻燃剂>聚磷酸铵。

[0210] 由实施例5与实施例6可以看出，阻燃剂的添加量越多其阻燃效果越好，但高效阻燃相变热管理复合材料相应的力学性能就会降低，因此在实际使用过程中，需要综合考虑其阻燃性能与力学性能。从实施例5至实施例9可以看出，当阻燃剂采用次磷酸铝时，阻燃剂的用量达到20wt%时制得的构件的阻燃级别已经达到最高的V-0级。

[0211] 最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。