



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 121800225 A

(43) 申请公布日 2026. 04. 07

(21) 申请号 202511903931.7

(22) 申请日 2025.12.17

(71) 申请人 大连融科储能集团股份有限公司
地址 116450 辽宁省大连市花园口经济区
迎春街20-10号

(72) 发明人 韩星 尚俊龙 钟天奇 王沂贵
孙久林 张家宽

(51) Int. Cl.

C01G 49/14 (2006.01)

C01B 32/05 (2017.01)

H01M 10/054 (2010.01)

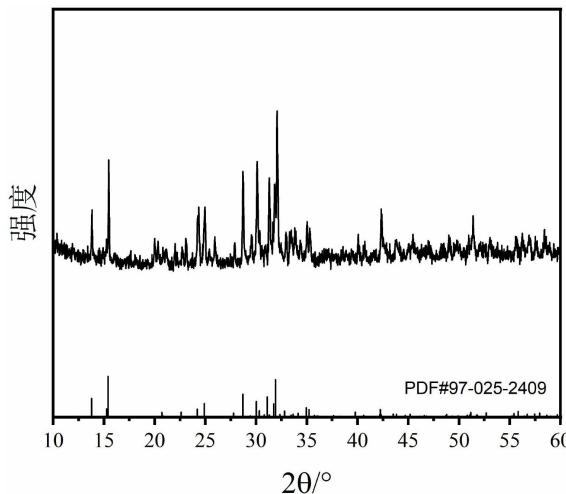
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种碳包覆硫酸铁钠、其制备方法及应用

(57) 摘要

本发明提供一种碳包覆硫酸铁钠、其制备方法及应用,碳包覆硫酸铁钠制备方法包括以下步骤:将铁源、钠源、纯水和有机碳源混合,在70-100°C反应1-4h,烘干得到 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体;将其置于惰性气氛中,700-900°C焙烧3-8h得到碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$;将碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫源和无机碳源进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为300-400°C,焙烧时间为5-10h。该方法制备的碳包覆硫酸铁钠结晶性好、碳包覆完全,具有较高的压实密度和较高的电导率,在钠离子电池领域具有良好的应用前景和大规模推广潜力。



1. 一种碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、将铁源、钠源、纯水和有机碳源按照Fe:Na:H₂O:C摩尔比为1:0.5-1:4-5:0.5-2的比例加入到反应器中,在70-100℃反应1-4小时,烘干得到Na₂Fe₂O₃前驱体;

步骤2、将Na₂Fe₂O₃前驱体置于惰性气氛中焙烧,得到碳包覆的Na₂Fe₂O₃,焙烧温度为700-900℃,焙烧时间为3-8h;

步骤3、将碳包覆的Na₂Fe₂O₃、硫源和无机碳源按照Na:S:C摩尔比为2:3:0.4-4.0的比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;

步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为300-500℃,焙烧时间为5-10h。

2. 根据权利要求1所述碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,步骤1所述钠源为碳酸钠、草酸钠、柠檬酸钠、磷酸钠、碳酸氢钠、氯化钠、硫酸钠、乳酸钠、硝酸钠和氢氧化钠中的一种或多种;

和/或,步骤1所述铁源为氧化亚铁、三氧化二铁、四氧化三铁和高铁酸钠中的一种或多种;

和/或,步骤1所述有机碳源为柠檬酸、草酸、葡萄糖、硬脂酸、抗坏血酸、柠檬酸铵和柠檬酸钠中的一种或多种。

3. 根据权利要求1所述碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,步骤1将反应器置于水浴中。

4. 根据权利要求1所述碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,步骤1烘干温度为110-130℃,烘干时间为8-12h。

5. 根据权利要求1所述碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,步骤2和步骤4所述惰性气氛为氮气、氩气和氦气中的一种或多种。

6. 根据权利要求1所述碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,步骤3所述硫源为硫酸铵、硫酸一氢铵、亚硫酸、硫酸和硫酸一铵中的一种或多种;

和/或,步骤3所述无机碳源为石墨烯、碳纳米管和炭黑中的一种或多种。

7. 根据权利要求1所述碳包覆硫酸铁钠的制备方法,其特征在于,步骤3所述砂磨转速为1200-1500rpm,砂磨时间为1-2h;

和/或,步骤3所述喷雾干燥温度为200-240℃,喷雾干燥时间为0.5h。

8. 一种碳包覆硫酸铁钠,其特征在于,采用权利要求1-7任意一项所述方法制备而成。

9. 根据权利要求8所述碳包覆硫酸铁钠,其特征在于,所述碳包覆硫酸铁钠的电导率为0.03-0.09mS/cm;

和/或,所述碳包覆硫酸铁钠的压实密度为1.8-2.2g/cm³;

和/或,所述碳包覆硫酸铁钠的粒度为1-5微米。

10. 一种权利要求8或9所述碳包覆硫酸铁钠在钠离子电池领域的应用。

一种碳包覆硫酸铁钠、其制备方法及应用

技术领域

[0001] 本发明涉及材料技术,尤其涉及一种碳包覆硫酸铁钠、其制备方法及应用。

背景技术

[0002] 推进能源革命需要发展可再生能源,但风能、光能等可再生能源存在不连续、不稳定性,迫切需要构建“新能源+储能”新型电力系统以实现可再生能源高质量并入电网稳定输出,因此发展储能技术是关键。锂离子电池由于其比能量高等优势近年来在动力电池及储能两大领域的应用逐年增加,使得锂资源短缺问题凸显,锂资源匮乏成为发展锂离子电池的潜在问题。

[0003] 钠离子电池的结构和工作原理与锂离子电池类似,但其无资源限制、不用铜集流体、安全性高、倍率性能好、低温性能好、可以实现零点储存与运输、成本低廉、性价比高,在中低速电动车和大规模储能等领域展现出广阔的应用前景。

[0004] 钠离子电池技术路线按正极种类可以分为氧化物、聚阴离子型、普鲁士蓝类三种类型。其中聚阴离子型正极材料具有成本低、无资源限制、安全性好、无毒、结构稳定、钠离子通道丰富、热稳定性好等优点,适合规模化应用,是高稳定性、高比功率、高安全性钠离子电池优选体系。但其本身固有的导电性差的缺点限制了电池的比容量和倍率性能,需要采用碳包覆、掺杂等方法对材料进行改性。

[0005] 铁基硫酸盐作为钠离子电池硫酸盐正极材料体系中的一员,具有高工作电压和较高的容量,并且价格低廉,安全性高。然而,铁基硫酸盐对水/氧敏感,电导率差,在高温下容易分解并释放 SO_2 ,这限制了其合成、储存和应用,牵制了其商业化的步伐。一些报道称通过碳涂层、纳米加工等方法来解决这些问题。

[0006] 某专利中用石墨烯,碳纳米管等在 $300-400^\circ\text{C}$ 合成包碳的硫酸铁钠,但不是原位包覆,且硫酸根的限制,合成温度低,材料结晶性差。

[0007] 所以亟待一种结晶性好、碳包覆完全的硫酸铁钠。

发明内容

[0018] 本发明的目的在于,针对目前包碳硫酸铁钠结晶性差的问题,提出一种碳包覆硫酸铁钠的制备方法,该方法制备的碳包覆硫酸铁钠结晶性好、碳包覆完全,具有较高的压实密度和较高的电导率,在钠离子电池领域具有良好的应用前景和大规模推广潜力。

[0019] 需要注意的是,在本发明中,除非另有规定,涉及组成限定和描述的“包括”的具体含义,既包含了开放式的“包括”、“包含”等及其类似含义,也包含了封闭式的“由...组成”、“由...构成”等及其类似含义。

[0020] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种碳包覆硫酸铁钠的制备方法,包括以下步骤:

[0021] 步骤1、将铁源、钠源、纯水和有机碳源按照 $\text{Fe}:\text{Na}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}$ 摩尔比为 $1:0.5-1:4-5:0.1-2$ 的比例加入到反应器中,在 $70-100^\circ\text{C}$ 反应 $1-4$ 小时,烘干得到 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体;

[0022] 步骤2、将 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体置于惰性气氛中焙烧,得到碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$,焙烧温度为700-900℃,焙烧时间为3-8h;

[0023] 步骤3、将碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫源和无机碳源按照Na:S:C摩尔比为2:3:0.4-4.0的比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;

[0024] 步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为300-500℃,焙烧时间为5-10h。

[0025] 进一步地,步骤1所述钠源为碳酸钠、草酸钠、柠檬酸钠、磷酸钠、乳酸钠、碳酸氢钠、氯化钠、硫酸钠、硝酸钠和氢氧化钠中的一种或多种。所述钠源优选为氢氧化钠。

[0026] 进一步的,步骤1所述铁源为氧化亚铁、三氧化二铁、四氧化三铁和高铁酸钠中的一种或多种。所述铁源优选为三氧化二铁。

[0027] 进一步的,步骤1所述有机碳源为柠檬酸、草酸、葡萄糖、硬脂酸、抗坏血酸、柠檬酸铵和柠檬酸钠中的一种或多种。所述有机碳源优选为葡萄糖。

[0028] 进一步地,步骤1将反应器置于水浴中。

[0029] 进一步地,步骤1优选反应温度为75-90℃,反应时间为2-4h。

[0030] 进一步地,步骤1烘干温度为110-130℃,烘干时间为8-10h。优选烘干发明内容

[0031] 本发明的目的在于,针对目前包碳硫酸铁钠结晶性差的问题,提出一种碳包覆硫酸铁钠的制备方法,该方法制备的碳包覆硫酸铁钠结晶性好、碳包覆完全,具有较高的压实密度和较高的电导率,在钠离子电池领域具有良好的应用前景和大规模推广潜力。

[0032] 需要注意的是,在本发明中,除非另有规定,涉及组成限定和描述的“包括”的具体含义,既包含了开放式的“包括”、“包含”等及其类似含义,也包含了封闭式的“由…组成”、“由…构成”等及其类似含义。

[0033] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种碳包覆硫酸铁钠的制备方法,包括以下步骤:

[0034] 步骤1、将铁源、钠源、纯水和有机碳源按照Fe:Na:H₂O:C摩尔比为1:0.5-1:4-5:0.1-2的比例加入到反应器中,在70-100℃反应1-4小时,烘干得到 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体;

[0035] 步骤2、将 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体置于惰性气氛中焙烧,得到碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$,焙烧温度为700-900℃,焙烧时间为3-8h;

[0036] 步骤3、将碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫源和无机碳源按照Na:S:C摩尔比为2:3:0.4-4.0的比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;

[0037] 步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为300-500℃,焙烧时间为5-10h。

[0038] 进一步地,步骤1所述钠源为碳酸钠、草酸钠、柠檬酸钠、磷酸钠、乳酸钠、碳酸氢钠、氯化钠、硫酸钠、硝酸钠和氢氧化钠中的一种或多种。所述钠源优选为氢氧化钠。

[0039] 进一步的,步骤1所述铁源为氧化亚铁、三氧化二铁、四氧化三铁和高铁酸钠中的一种或多种。所述铁源优选为三氧化二铁。

[0040] 进一步的,步骤1所述有机碳源为柠檬酸、草酸、葡萄糖、硬脂酸、抗坏血酸、柠檬酸铵和柠檬酸钠中的一种或多种。所述有机碳源优选为葡萄糖。

[0041] 进一步地,步骤1将反应器置于水浴中。

[0042] 进一步地,步骤1优选反应温度为75-90℃,反应时间为2-4h。

[0043] 进一步地,步骤1烘干温度为110-130℃,烘干时间为8-10h。优选烘干温度为120℃,烘干时间为8h。

[0044] 进一步地,步骤2和步骤4所述惰性气氛为氩气、氙气和氦气中的一种或多种。

[0045] 进一步地,步骤2优选焙烧温度为700-800℃,焙烧时间为4-6h。

[0046] 进一步地,步骤3,将碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫源和无机碳源按照Na:S:C摩尔比为2:3:1.0-1.5的比例混合。

[0047] 进一步地,步骤3所述硫源为硫酸铵、硫酸一氢铵、亚硫酸、硫酸和硫酸一铵中的一种或多种。所述硫源优选为硫酸。

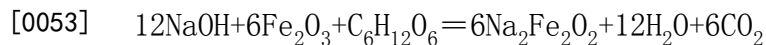
[0048] 进一步地,步骤3所述无机碳源为石墨烯、碳纳米管和炭黑中的一种或多种。所述无机碳源优选为炭黑。

[0049] 进一步地,步骤3所述砂磨转速为1200-1500rpm,砂磨时间为1-2h。

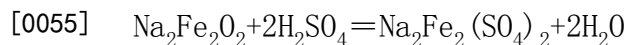
[0050] 进一步地,步骤3所述喷雾干燥温度为200-240℃,喷雾干燥时间为0.5-1h。

[0051] 进一步地,步骤4优选焙烧的温度为300-400℃,时间为6-8h。

[0052] 步骤1的反应方程式为:



[0054] 步骤3的反应方程式为:



[0056] 本发明的另一个目的还公开了一种碳包覆硫酸铁钠,采用上述方法制备而成。

[0057] 进一步地,所述碳包覆硫酸铁钠的电导率为0.009-0.04mS/cm,优选为0.02-0.038mS/cm。

[0058] 进一步地,所述碳包覆硫酸铁钠的压实密度为1.8-2.2g/cm³。

[0059] 进一步地,所述碳包覆硫酸铁钠的振实密度为1.0-1.2g/cm³。

[0060] 进一步地,所述碳包覆硫酸铁钠的松装密度为0.4-1.0g/cm³。

[0061] 进一步地,所述碳包覆硫酸铁钠的粒度为0.5-10微米,优选为3-5微米。

[0062] 本发明的另一个目的还公开了一种碳包覆硫酸铁钠在钠离子电池领域的应用。

[0063] 进一步地,所述碳包覆硫酸铁钠尤其适用于制备钠离子电池正极。

[0064] 本发明一种碳包覆硫酸铁钠、其制备方法及应用,与现有技术相比较具有以下优点:

[0065] 1) 多元铁源适配性:突破传统二价铁源限制,使用的铁源可兼容氧化亚铁、三氧化二铁、四氧化三铁、高铁酸钠等多种价态,原料选择范围显著拓宽,且湿法反应不用考虑铁被氧化的问题,工艺稳定性更强;

[0066] 2) 前驱体湿法反应制备前驱体,焙烧温度高,可以进行原位包碳,更有利于提高正极材料的电子电导率至0.03-0.09mS/cm,对提升材料性能具有积极作用;

[0067] 3) 前驱体的焙烧温度高,材料的结晶性好,为后续材料的成型提供稳定结构,更有利于提高材料的压实密度至1.8-2.2g/cm³,而且对电池制作极为有利;

[0068] 4) 采用前驱体预包碳+高温原位包碳的二次碳包覆技术,构建梯度致密碳层(内层无定形碳/外层石墨化碳)。二次碳包覆的碳包覆硫酸铁钠循环稳定性高,5C倍率循环下1000圈容量保持率达到95.58%。

[0069] 综上,本发明碳包覆硫酸铁钠在钠离子电池领域具有良好的应用前景和大规模推

广潜力。

附图说明

- [0070] 图1为实施例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠XRD衍射图谱；
- [0071] 图2为实施例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠SEM扫描电镜图；
- [0072] 图3为实施例1与对比例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠充放电曲线图；
- [0073] 图4为对比例1制备得到的硫酸铁钠XRD衍射图谱；
- [0074] 图5为对比例1制备得到的硫酸铁钠SEM扫描电镜图。

具体实施方式

[0075] 以下,结合实施例对本发明进一步说明。以下所记载的技术特征的说明基于本发明的代表性的实施方案、具体例子而进行,但本发明不限于这些实施方案、具体例子。需要说明的是:

[0076] 如无特殊声明,本说明书中所使用的单位均为国际标准单位,并且本发明中出现的数值,数值范围,均应当理解为包含了工业生产中所不可避免的系统性误差。

[0077] 本说明书中,使用“数值A~数值B”表示的数值范围是指包含端点数值A、B的范围。

[0078] 本说明书中,使用“以上”或“以下”表示的数值范围是指包含本数的数值范围。

[0079] 本说明书中,使用“可以”表示的含义包括了进行某种处理以及不进行某种处理两方面的含义。

[0080] 本说明书中,使用“任选”或“任选的”表示某些物质、组分、执行步骤、施加条件等因素使用或者不使用。

[0081] 本说明书中,使用“常温”、“室温”时,其温度可以是15-25℃。

[0082] 本说明书中,所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购获得的常规产品。

[0083] 实施例1

[0084] 本实施例公开了一种碳包覆硫酸铁钠,其制备方法如下:

[0085] 步骤1、按Fe:Na:H₂O:C摩尔比为1:1:4:1的比例将三氧化二铁、氢氧化钠、纯水和葡萄糖加入到反应器中,在90℃反应2h,烘干得到Na₂Fe₂O₃前驱体;

[0086] 步骤2、将Na₂Fe₂O₃前驱体固体置于惰性气氛中焙烧,得到碳包覆的Na₂Fe₂O₃,焙烧温度为800℃,焙烧时间为6h;

[0087] 步骤3、将碳包覆的Na₂Fe₂O₃、硫酸和炭黑按照Na:S:C摩尔比为2:3:1的比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;所述砂磨转速为13rpm,砂磨时间为2h。喷雾干燥温度为240℃,喷雾干燥时间为1h。

[0088] 步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为400℃,焙烧时间为8h。

[0089] 实施例2

[0090] 本实施例公开了一种碳包覆硫酸铁钠,其制备方法如下:

[0091] 步骤1、按Fe:Na:H₂O:C摩尔比为1:1:4:1的比例将三氧化二铁、氢氧化钠、纯水和葡萄糖加入到反应器中,在90℃反应2h,120℃烘干8h得到Na₂Fe₂O₃前驱体;

[0092] 步骤2、将 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体固体置于惰性气氛中焙烧,得到碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$,焙烧温度为 800°C ,焙烧时间为6h;

[0093] 步骤3、将碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫酸和碳纳米管按照Na:S:C摩尔比为2:3:1的比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;所述砂磨转速为13rpm,砂磨时间为2h。喷雾干燥温度为 240°C ,喷雾干燥时间为1h。

[0094] 步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为 400°C ,焙烧时间为6h。

[0095] 对比例1

[0096] 本对比例公开了一种碳包覆硫酸铁钠,其制备方法如下:

[0097] 步骤1、按Fe:Na: H_2O 摩尔比为1:1:4的比例将三氧化二铁、氢氧化钠和纯水加入到反应器中,在 90°C 反应2h, 120°C 烘干8h得到 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体;

[0098] 步骤2、将 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体固体置于惰性气氛中焙烧,得到 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$,焙烧温度为 800°C ,焙烧时间为6h;

[0099] 步骤3、将制备的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫酸和炭黑按照Na:S:C摩尔比为2:3:3的比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;所述砂磨转速为13rpm,砂磨时间为2h。喷雾干燥温度为 240°C ,喷雾干燥时间为1h。

[0100] 步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到硫酸铁钠,焙烧温度为 400°C ,焙烧时间为8h。

[0101] 对比例2

[0102] 本对比例公开了一种碳包覆硫酸铁钠,其制备方法如下:

[0103] 步骤1、按Fe:Na: H_2O :C摩尔比为1:1:4:3的比例将三氧化二铁,氢氧化钠,纯水和葡萄糖加入到反应器中,在 90°C 反应2h, 120°C 烘干8h得到 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体;

[0104] 步骤2、将 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 前驱体固体置于惰性气氛中焙烧,得到碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$,焙烧温度为 800°C ,焙烧时间为6h;

[0105] 步骤3、将碳包覆的 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、硫酸和按照Na:S摩尔比为2:3比例混合,进行砂磨、喷雾干燥,得到硫酸铁钠前驱体;所述砂磨转速为13rpm,砂磨时间为2h。喷雾干燥温度为 240°C ,喷雾干燥时间为1h。

[0106] 步骤4、将硫酸铁钠前驱体置于惰性气氛中进行焙烧,得到碳包覆硫酸铁钠,焙烧温度为 400°C ,焙烧时间为6h。

[0107] 分别对实施例1-2碳包覆硫酸铁钠和对比例1-2碳包覆硫酸铁钠进行测试,测试结果如下:

[0108] 通过四探针电阻仪对粉末进行测试,结果显示实施例1中碳包覆硫酸铁钠的电导率为 $3.57 \times 10^{-2} \text{S cm}^{-1}$,粒径为4.5微米,压实密度为 2.16g/cm^3 ;实施例2中碳包覆硫酸铁钠的电导率为 $3.35 \times 10^{-2} \text{S cm}^{-1}$,粒径为4.3微米,压实密度为 2.14g/cm^3 ;对比例1中碳包覆硫酸铁钠的电导率为 $2.69 \times 10^{-3} \text{S cm}^{-1}$,粒径为2.4微米,压实密度为 1.73g/cm^3 ;对比例2中碳包覆硫酸铁钠的电导率为 $2.83 \times 10^{-2} \text{S cm}^{-1}$,粒径为2.5微米,压实密度为 1.7g/cm^3 。

[0109] 实施例1碳包覆硫酸铁钠5C倍率循环下1000圈容量保持率为95.58%,而对比例1和对比例2的5C倍率循环下1000圈容量保持率分别为85.82%和83.43%。

[0110] 图1为实施例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠XRD衍射图谱,可见其衍射峰明显,碳包

覆硫酸铁钠晶胞较大且晶格稳定；

[0111] 图2为实施例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠SEM图谱,可见其为一次粒径明显的微球；

[0112] 图3为实施例1与对比例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠充放电曲线图,图中红色曲线为实施例1碳包覆硫酸铁钠,首次放电比容量为 83.5mAh/g^{-1} ,蓝色曲线为对比例1碳包覆硫酸铁钠,首次放电比容量为 80.9mAh/g^{-1} ,可见实施例1碳包覆硫酸铁钠电化学性能优于对比例1碳包覆硫酸铁钠；

[0113] 图4为对比例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠XRD衍射图谱,可见其衍射峰峰较弱；

[0114] 图5为对比例1制备得到的碳包覆硫酸铁钠SEM图谱,可见其粒径明显。

[0115] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各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,或者对其中部分或者全部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范围。

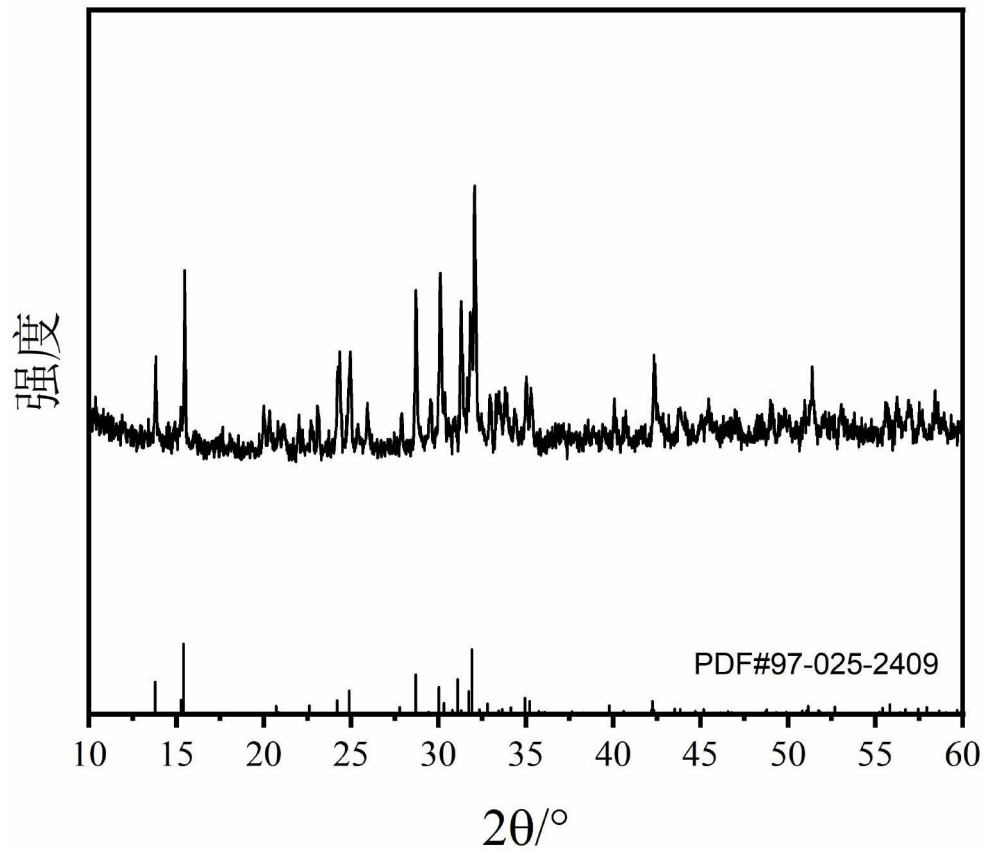


图1

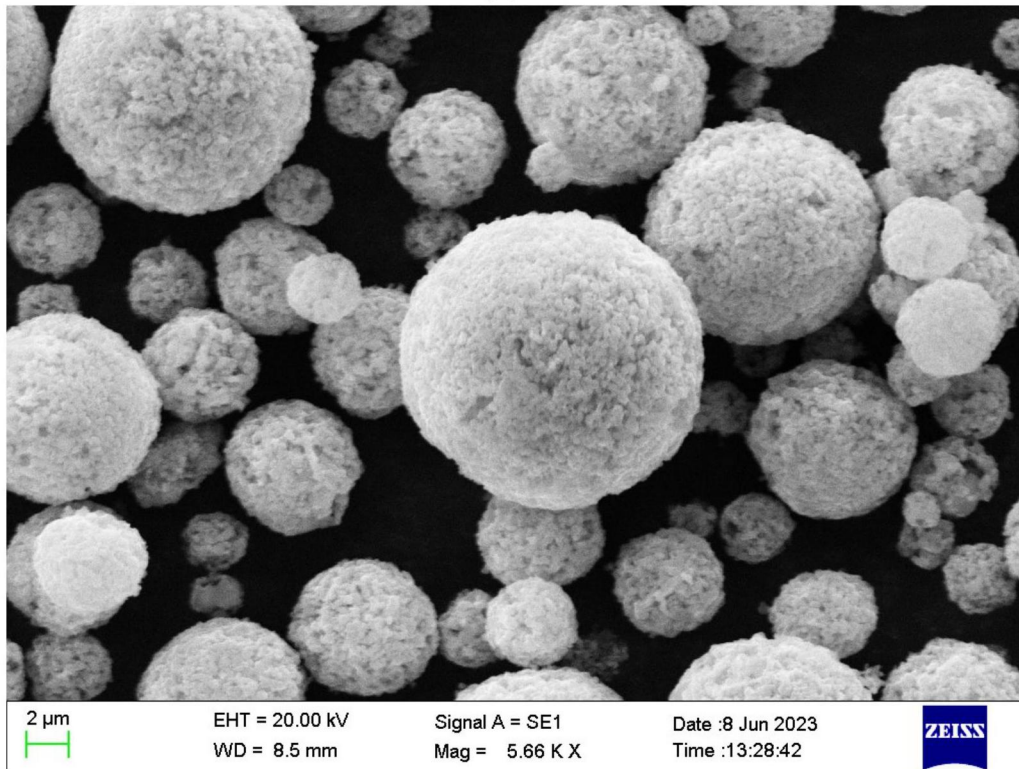


图2

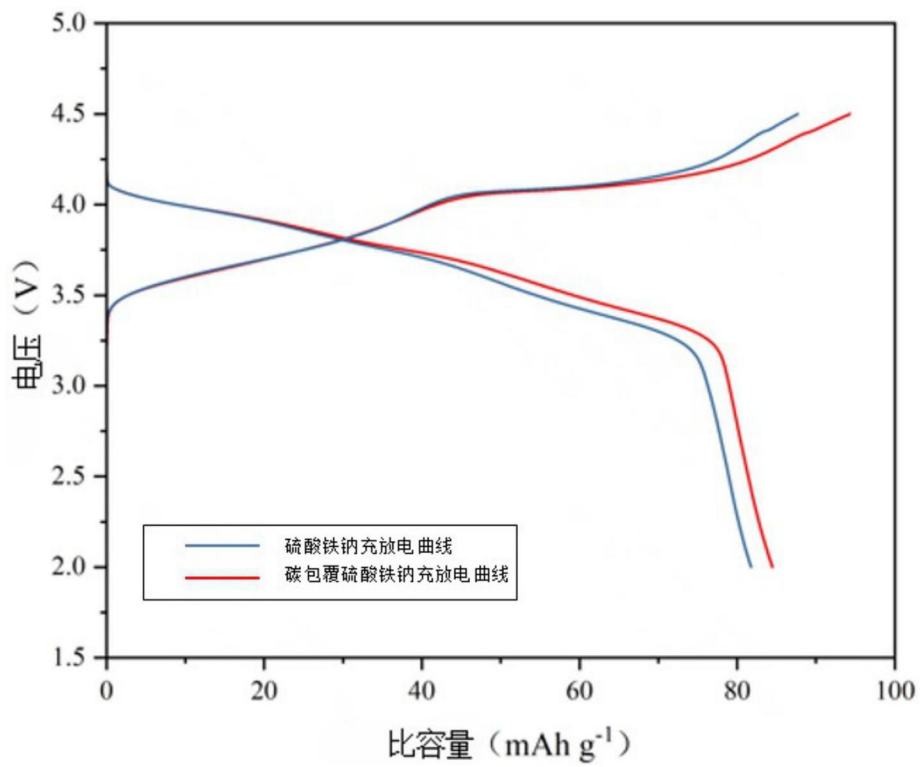


图3

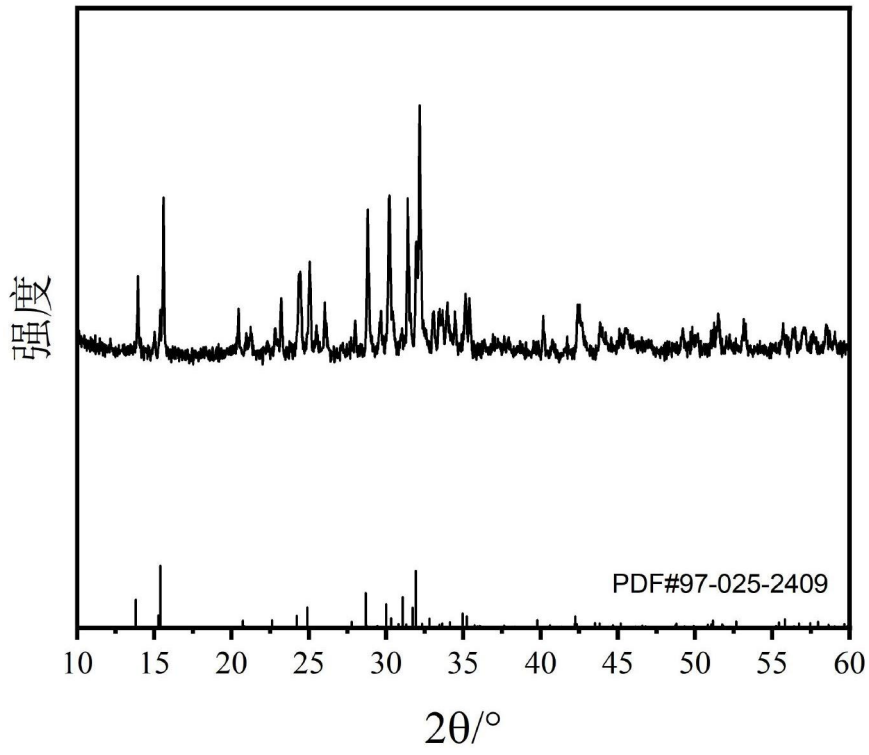


图4

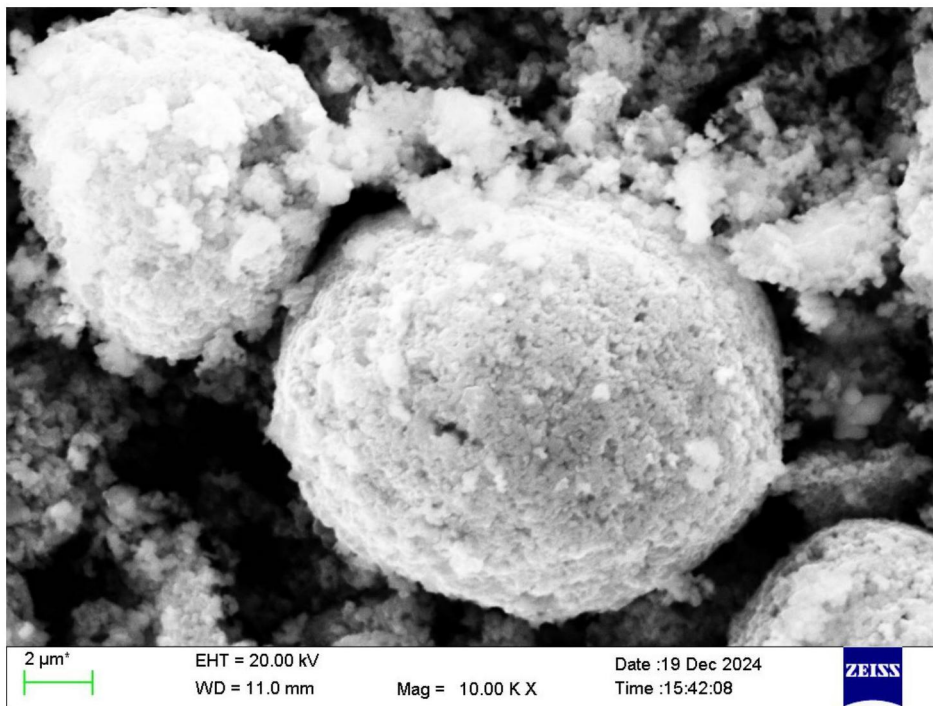


图5