



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115084508 A

(43) 申请公布日 2022.09.20

(21) 申请号 202211010331.4

(22) 申请日 2022.08.23

(71) 申请人 欣旺达电动汽车电池有限公司  
地址 518107 广东省深圳市光明新区公明街道塘家南十八号路欣旺达工业园A栋1-2楼

(72) 发明人 胡焱 陈巍 欧阳云鹏 谢东

(74) 专利代理机构 深圳紫藤知识产权代理有限公司 44570  
专利代理师 华亦斐

(51) Int. Cl.

H01M 4/525 (2010.01)

H01M 4/505 (2010.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

C01G 53/00 (2006.01)

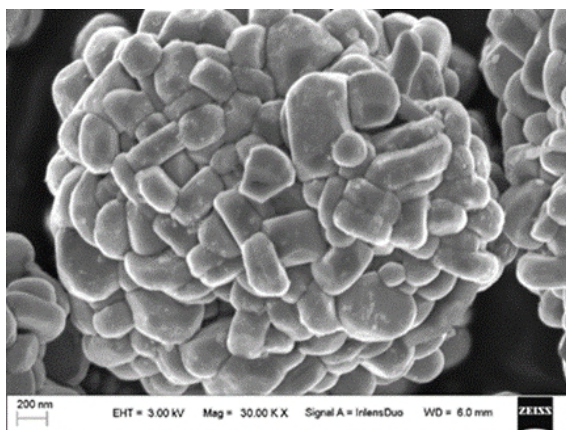
权利要求书2页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

正极活性材料、电池及其制备方法

(57) 摘要

本申请公开一种正极活性材料、电池及其制备方法。正极活性材料包括多孔二次颗粒，正极活性材料满足如下特征： $4 \leq \text{BET} \times \text{TD} \times (\text{Dv}90 - \text{Dv}10) \leq 14$ ，其中，BET表示正极活性材料的比表面积的值，单位为 $\text{m}^2/\text{g}$ ，TD表示正极活性材料的振实密度的值，单位为 $\text{g}/\text{m}^3$ ，Dv90表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到90%时对应的粒径的值，单位为 $\mu\text{m}$ ，Dv10表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到10%时对应的粒径的值，单位为 $\mu\text{m}$ 。本申请通过控制正极活性材料的颗粒形貌、尺寸和孔结构，实现低温功率性能的提升；并且通过合理控制正极活性材料的颗粒形貌、粒度分布以及振实密度，达到提高电池体积能量密度的效果。





的至少一种;和/或,

所述锂源包括氢氧化锂、碳酸锂、醋酸锂或硝酸锂中的至少一种;和/或,

所述包覆元素源包括硝酸铝、硝酸钛、硝酸钴、硝酸钨、硝酸钇、氧化硅、氧化硼、五氧化二磷或氧化铝中的一种或多种。

9. 根据权利要求6所述的正极活性材料的制备方法,其特征在于,所述包覆元素源占所述含M元素的材料的质量百分比为0.3wt%~0.7wt%;和/或,

所述沉淀剂包括氢氧化钠溶液,所述络合剂包括氨水。

10. 根据权利要求6所述的正极活性材料的制备方法,其特征在于,所述第一次烧结的温度为600~1000℃,所述第一次烧结的时间为3~16小时;和/或,

所述第二次烧结的温度为400~700℃,所述第二次烧结的时间为1~9小时。

11. 一种电池,包括正极极片,其特征在于,所述正极极片包括正极集流体和设置于所述正极集流体上的正极活性材料层,所述正极活性材料层包括如权利要求1~5中任一项所述的正极活性材料或如权利要求6~10中任一项所述的制备方法所制备的正极活性材料。

12. 根据权利要求11所述的电池,其特征在于,所述正极活性材料层满足如下特征中的至少一者:

(i) 所述正极活性材料层的真实活性面积为A cm<sup>2</sup>,满足: $4 \times 10^4 \leq A \leq 2 \times 10^5$ ;

(ii) 所述正极活性材料层的压实密度为PDg/cm<sup>3</sup>,满足: $2.4 \leq PD \leq 3.5$ ;

(iii) 所述正极活性材料层的孔隙率P<sub>s</sub>满足: $20\% \leq P_s \leq 40\%$ ;

(iv) 当满足温度为-20℃,所述电池荷电状态为30%的条件时,所述正极活性材料层的单位体积放电功率为P W/cm<sup>3</sup>, $8 \leq P \leq 30$ , $P = P_0 \times PD/m$ ,P<sub>0</sub>W表示电池在所述条件下的放电功率;PD g/cm<sup>3</sup>表示正极活性材料层压实密度;mg表示正活性材料层重量。

13. 根据权利要求12所述的电池,其特征在于, $0.6 \leq 1000P_0/A \leq 1$ 。

14. 一种用电装置,包含权利要求11~13中任一项所述的电池。

## 正极活性材料、电池及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及新能源技术领域,具体涉及一种正极活性材料、电池及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 电池,例如锂离子电池由于具有比能量高、功率性能好、自放电低和循环寿命长等优点,已被广泛应用于各个领域。目前电动汽车中的电池所用的正极活性材料主要是三元正极活性材料,但其原材料(例如硫酸钴和锂盐)的价格昂贵,为进一步降低电动汽车的成本,通过提高锂离子电池的体积能量密度,可减小电池模组在汽车上的空间占比,对新能源汽车的轻量化发展和降低成本具有积极意义。且电动汽车电池的使用环境越来越苛刻,尤其是寒冷天气对电池性能发挥带来严重考验,因此需要提高电池的低温性能,特别是低温功率性能。

### 发明内容

#### [0003] 技术问题

本申请提供一种正极活性材料、电池及其制备方法,解决了目前正极活性材料所制备的电池低温功率不佳,体积能量密度较低的问题。

#### [0004] 技术解决方案

根据本申请第一方面提供的正极活性材料,正极活性材料包括二次颗粒,二次颗粒上有孔,正极活性材料满足如下特征: $4 \leq \text{BET} \times \text{TD} \times (\text{Dv}90 - \text{Dv}10) \leq 14$ ,其中,BET表示正极活性材料的比表面积的值,单位为 $\text{m}^2/\text{g}$ ,TD表示正极活性材料的振实密度的值,单位为 $\text{g}/\text{m}^3$ ,Dv90表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到90%时对应的粒径的值,单位为 $\mu\text{m}$ ,Dv10表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到10%时对应的粒径的值,单位为 $\mu\text{m}$ 。

[0005] 可选的,在本申请的其它实施例中, $0.4 \leq \text{BET} \leq 3.5$ ;  $1.2 \leq \text{TD} \leq 2.6$ ;  $4 \leq \text{Dv}90 \leq 18$ ;  $1.5 \leq \text{Dv}10 \leq 6$ 。

[0006] 可选的,在本申请的其它实施例中,正极活性材料满足如下特征中的至少一者:

(a) 正极活性材料的孔径最大值为 $D_{\text{max}}$  nm,满足: $800 \leq D_{\text{max}} \leq 2200$ ;

(b) 正极活性材料的孔径分布的半峰宽为 $D_{\text{HW}}$  nm,满足: $150 \leq D_{\text{HW}} \leq 450$ ;

(c) 正极活性材料的孔隙率 $P_c$ 满足: $45\% \leq P_c \leq 75\%$ ;

(d) 正极活性材料的粉体压实密度为 $P_d$   $\text{g}/\text{cm}^3$ ,满足: $2.8 \leq P_d \leq 3.4$ 。

[0007] 可选的,在本申请的其它实施例中,正极活性材料包括化学式为 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Me}_k\text{M}_p\text{O}_2$ 的化合物,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种,M包含Y、Nb、In、La、Zr、Ce、W、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种, $0.8 \leq x \leq 1.1$ , $0.5 < y < 1$ , $0 < z < 1$ , $0 < k < 1$ , $0 \leq p \leq 0.1$ 。

[0008] 可选的,在本申请的其它实施例中,正极活性材料包含锂镍钴锰氧化物,锂镍钴锰氧化物中包含镍元素、钴元素和锰元素,以镍元素、钴元素和锰元素的摩尔量之和为1计,镍元素的含量大于0.3。

[0009] 根据本申请第二方面提供的正极活性材料的制备方法,包括:

将锰源或铝源的任意一种与镍源、钴源混合,加入沉淀剂和络合剂,反应得到三元材料前驱体;

将三元材料前驱体、M元素源和锂源混合并进行第一次烧结,冷却并破碎后得到含M元素的材料;

将含M元素的材料和包覆元素源混合并进行第二次烧结,得到正极活性材料。

[0010] 可选的,在本申请的其它实施例中,正极活性材料包含化学式为 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Me}_k\text{M}_p\text{O}_2$ 的材料,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种,M包含Y、Nb、In、La、Zr、Ce、W、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种, $0.8 \leq x \leq 1.1$ , $0 < y < 1$ , $0 < z < 1$ , $0 < k < 1$ , $0 \leq p \leq 0.1$ 。

[0011] 可选的,在本申请的其它实施例中,镍源包括硫酸镍、醋酸镍或硝酸镍中的至少一种。

[0012] 可选的,在本申请的其它实施例中,钴源包括硫酸钴、醋酸钴或硝酸钴中的至少一种。

[0013] 可选的,在本申请的其它实施例中,锰源包括硫酸锰、醋酸锰或硝酸锰中的至少一种。

[0014] 可选的,在本申请的其它实施例中,铝源包括硫酸铝、醋酸铝或硝酸铝中的至少一种。

[0015] 可选的,在本申请的其它实施例中,M元素源包括硝酸锆、硝酸钨、硝酸铝、硝酸钛、硝酸锶、硝酸镁、硝酸钇、硝酸铈、硝酸铟、硝酸铋、硝酸镧、硝酸铪、硝酸钒、硝酸铈、硝酸钕、硝酸钐、硝酸铈、硝酸铁、氧化钨或氧化锆中的至少一种。

[0016] 可选的,在本申请的其它实施例中,锂源包括氢氧化锂、碳酸锂、醋酸锂或硝酸锂中的至少一种。

[0017] 可选的,在本申请的其它实施例中,包覆元素源包括硝酸铝、硝酸钛、硝酸钴、硝酸钨、硝酸钇、氧化硅、氧化硼、五氧化二磷或氧化铝中的一种或多种。

[0018] 可选的,在本申请的其它实施例中,包覆元素源占所述含M元素的材料的质量百分比为0.3wt%~0.7wt%。

[0019] 可选的,在本申请的其它实施例中,沉淀剂包括氢氧化钠溶液,络合剂包括氨水。

[0020] 可选的,在本申请的其它实施例中,第一次烧结的温度为600~1000℃,第一次烧结的时间为3~16小时。

[0021] 可选的,在本申请的其它实施例中,第二次烧结的温度为400~700℃,第二次烧结的时间为1~9小时。

[0022] 根据本申请第三方面提供的电池,包括正极极片,正极极片包括正极集流体和设置于正极集流体上的正极活性材料层,正极活性材料层包括上述的正极活性材料或上述的制备方法所制备的正极活性材料。

[0023] 可选的,在本申请的其它实施例中,正极活性材料层满足如下特征中的至少一者:

(i) 正极活性材料层的真实活性面积为 $A \text{ cm}^2$ ,满足: $4 \times 10^4 \leq A \leq 2 \times 10^5$ ;

(ii) 正极活性材料层的压实密度 $PD \text{ g/cm}^3$ ,满足: $2.4 \leq PD \leq 3.5$ ;

(iii) 正极活性材料层的孔隙率 $P_s$ 满足: $20\% \leq P_s \leq 40\%$ ;

(iv) 当温度为-20℃,所述电池荷电状态为30%时,所述正极活性材料层的单位体

积放电功率为 $P \text{ W/cm}^3$ ,  $8 \leq P \leq 30$ ,  $P = P_0 \times PD/m$ ,  $P_0 \text{ W}$ 表示电池在所述条件下的放电功率;  $PD \text{ g/cm}^3$ 表示正极活性材料层压实密度, 单位为 $\text{g/cm}^3$ ;  $m$ 表示正活性材料层重量。

[0024] 可选的,  $A$ 与 $P_0$ 满足:  $0.6 \leq 1000P_0/A \leq 1$ 。

[0025] 根据本申请第四方面提供的用电装置, 包括上述电池。

[0026] 有益效果

根据本申请实施例的正极活性材料, 至少具有如下技术效果:

1) 通过合理控制正极活性材料的颗粒形貌、粒度分布以及振实密度, 有效提升粉体压实密度, 从而改善极片压实能力, 达到提高电池体积能量密度的效果, 且不会恶化功率、循环和存储产气等性能;

2) 通过控制正极活性材料的颗粒形貌、颗粒尺寸和孔结构, 从而控制材料的比表面积和孔隙率, 提高正极活性材料与电解液的有效接触面积, 优化离子传输、电子传输以及电解液的扩散速率, 实现电池功率性能的提升, 尤其是低温功率性能的提升。

## 附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案, 下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例, 对于本领域技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图1是本申请实施例2得到的正极活性材料的表面形貌的电镜表征测试图;

图2是本申请实施例2得到的正极活性材料的截面形貌的电镜表征测试图。

## 具体实施方式

[0029] 下面将结合本申请实施例中的附图, 对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述, 显然, 所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例, 本领域技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例, 都属于本申请保护的范围。

[0030] 本说明书中, 使用“~”来显示的数值范围, 表示包含以在“~”前后记载的数值分别作为最小值和最大值的范围。

[0031] 本申请实施例提供一种正极活性材料、电池及其制备方法。以下分别进行详细说明。需说明的是, 以下实施例的描述顺序不作为对实施例优选顺序的限定。

[0032] 本申请第一方面提供一种正极活性材料, 正极活性材料包括二次颗粒, 二次颗粒上有孔, 正极活性材料的 $I$ 值满足如下特征:  $4 \leq I = \text{BET} \times \text{TD} \times (\text{Dv}90 - \text{Dv}10) \leq 14$ , 其中,  $\text{BET}$ 表示正极活性材料的比表面积的值, 单位为 $\text{m}^2/\text{g}$ ,  $\text{TD}$ 表示正极活性材料的振实密度的值, 单位为 $\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{Dv}90$ 表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到90%时对应的粒径的值, 单位为 $\mu\text{m}$ ,  $\text{Dv}10$ 表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到10%时对应的粒径的值, 单位为 $\mu\text{m}$ 。低温放电功率性能主要是受电池的正极极片的影响, 因此本申请通过控制正极活性材料的颗粒形貌、颗粒尺寸、粒度分布、振实密度和孔结构, 实现利用该正极活性材料所制得的电池的低温功率性能以及体积能量密度的提升。

[0033] 在本申请的一些实施例中,  $4.5 \leq I \leq 11.7$ 。例如可以为4.5、4.8、5.1、5.6、6.1、

6.3、6.9、7.3、7.8、8.1、8.6、9.3、9.7、10.5、11.7或其中任意两个数组成的范围。在本申请的一些实施例中， $5.1 \leq I \leq 9.7$ 。在本申请的一些实施例中， $5.6 \leq I \leq 8.6$ 。当I的值在此范围内，正极活性材料的颗粒形貌、颗粒尺寸、粒度分布、振实密度和孔结构均处于较优状态，能进一步改善电池的低温功率性能，进一步提高电池的体积能量密度。

[0034] 目前在材料和电池设计层面，提高锂离子电池能量密度的方法主要包括提高三元材料中镍元素的含量、提高电压上限和提高极片的压实能力等方式，前两种方案虽然可以提高材料的克容量发挥，但会导致电池性能不同程度的恶化，例如热稳定性降低、与电解液副反应加剧和产气量增加等问题，提高极片的压实密度的方案虽然可以提高电池的体积能量密度，但存在颗粒易破碎，导致界面副反应多，产气量大和长期寿命差等问题。因此本申请通过控制正极活性材料的颗粒形貌、颗粒尺寸、粒度分布、振实密度和孔结构使电池具有较高的能量密度和较好的低温功率性能，同时保证较低的产气量和较好的长期性能。

[0035] 在本申请的一些实施例中， $0.4 \leq \text{BET} \leq 3.5$ 。例如可以为0.4、0.8、1.1、1.2、1.4、1.8、2.0、2.3、2.8、3.0、3.5或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中， $0.4 \leq \text{BET} \leq 2.7$ 。通过控制正极活性材料的BET在此，可以更好的控制正极活性材料与电解液的有效接触面积，控制正极活性材料与电解液的副反应，提高电池的功率性能。BET的值可采用比表面积分析仪(型号:Tristar II 3020)进行测试。

[0036] 在本申请的一些实施例中， $1.2 \leq \text{TD} \leq 2.6$ 。例如可以为1.2、1.3、1.4、1.5、1.8、2.1、2.2、2.6或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中， $1.3 \leq \text{TD} \leq 2.2$ 。在本申请的一些实施例中， $1.5 \leq \text{TD} \leq 2.1$ 。通过合理控制正极活性材料的振实密度，有效提升粉体压实密度，从而改善正极极片压实能力，达到提高电池体积能量密度的效果。振实密度测试可参考GB/T5162-2021 金属粉末振实密度的测定。

[0037] 在本申请的一些实施例中， $4 \leq \text{Dv}90 \leq 18$ ；例如可以为4.7、4.8、4.9、5.0、5.2、5.4、5.5、5.8、10、15或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中， $4.9 \leq \text{Dv}90 \leq 15$ 。在本申请的一些实施例中， $5.0 \leq \text{Dv}90 \leq 10$ 。 $1.5 \leq \text{Dv}10 \leq 6$ ；例如可以为1.5、1.8、2.1、2.2、2.4、2.5、2.6、2.7、2.8、5或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中， $1.5 \leq \text{Dv}10 \leq 5$ 。在本申请的一些实施例中， $1.8 \leq \text{Dv}10 \leq 2.8$ 。控制合适的粒度分布，可缓解辊压过程中颗粒破碎的问题，减少界面副反应的发生。 $\text{Dv}90$ 、 $\text{Dv}50$ 和 $\text{Dv}10$ 采用马尔文激光粒度仪进行测试。

[0038] 在本申请的一些实施例中， $2 \leq \text{Dv}50 \leq 8$ ， $\text{Dv}50$ 表示正极活性材料的体积累计分布百分数达到50%时对应的粒径的值，单位为 $\mu\text{m}$ 。

[0039] 在本申请的一些实施例中，正极活性材料的孔径最大值 $D_{\text{max}}$  nm，满足： $800 \leq D_{\text{max}} \leq 2200$ ；例如可以为850、1100、1200、1400、1500、1700、1800、1900、2000或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中， $850 \leq D_{\text{max}} \leq 2000$ 。在本申请的一些实施例中， $1100 \leq D_{\text{max}} \leq 1900$ 。当I的值在上述范围的同时，正极活性材料的孔径最大值满足上述条件时，正极活性材料的孔的结构、颗粒形貌、颗粒尺寸、粒度分布、振实密度控制在更合适的范围，使电池具有较高的能量密度和较好的低温功率性能。

[0040] 在本申请的一些实施例中，正极活性材料的孔径分布的半峰宽 $D_{\text{HW}}$  nm，满足： $150 \leq D_{\text{HW}} \leq 450$ ；例如可以为160、200、300、400、450或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中， $160 \leq D_{\text{HW}} \leq 380$ 。在本申请的一些实施例中， $160 \leq D_{\text{HW}} \leq 300$ 。

[0041] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料的孔隙率 $P_c$ 满足: $45\% \leq P_c \leq 75\%$ ;例如可以为46%、53%、54%、56%、58%、62%、63%、65%、66%、67%、72%或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中, $53\% \leq P_c \leq 72\%$ 。在本申请的一些实施例中, $56\% \leq P_c \leq 67\%$ 。当正极活性材料的孔隙率 $P_c$ 在上述范围内,能使正极活性材料与电解液的接触面积控制在更优的范围,使电池具有更优的综合性能。

[0042] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料的粉体压实密度 $P_d$   $g/cm^3$ ,满足: $2.8 \leq P_d \leq 3.4$ ;例如可以为2.9、3.0、3.1、3.2、3.3或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中, $2.9 \leq P_d \leq 3.3$ 。

[0043] 其中,正极活性材料的孔径分布和孔隙率通过压汞法测得。压实密度 $P_d$ 为压实密度仪进行测试,测试过程可参考国标GB/T 24533-2019。本申请通过控制材料颗粒形貌、颗粒尺寸和孔结构,从而控制材料的比表面积和孔隙率,提高正极活性材料与电解液的有效接触面积,优化离子传输、电子传输以及电解液的扩散速率,实现电池功率性能的提升,尤其是低温功率性能的提升;通过控制正极活性材料合适的粒度分布和抗压强度,可有效缓解辊压过程中颗粒破碎的问题,改善电池的界面副反应,降低产气量和改善长期寿命。

[0044] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料包含镍元素、钴元素和Me元素,以镍元素、钴元素和Me元素的摩尔量为1计,镍元素的含量大于或等于0.3,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种。

[0045] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料包含镍元素、钴元素和Me元素,以镍元素、钴元素和Me元素的摩尔量为1计,镍元素的含量大于或等于0.5,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种。

[0046] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料包含镍元素、钴元素和Me元素,以镍元素、钴元素和Me元素的摩尔量为1计,镍元素的含量小于或等于0.7,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种。当多孔的正极活性材料在满足 $4 \leq BET \times TD \times (Dv90 - Dv10) \leq 14$ 的基础上,控制镍元素含量在在上述范围内能够进一步改善正极活性材料结构的稳定性,使电池具有更优的离子传输、电子传输,可以更好的减缓热稳定性降低、与电解液副反应加剧和产气量增加等问题,使电池具有更优的综合性能。

[0047] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料包含M元素, M元素包含Y、Nb、In、La、Zr、Ce、W、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种。

[0048] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料包含M元素, M元素包含Y、Nb、In、La、Zr或Ce中的至少一种,且包含W、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种。

[0049] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料包含M元素, M元素包含W,以及Y、Nb、In、La、Zr、Ce、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种。

[0050] 进一步的,锂镍钴锰氧化物中包含镍元素、钴元素和锰元素,以镍元素、钴元素和锰元素的摩尔量之和为1计,镍元素的含量大于0.3。

[0051] 进一步的,正极活性材料包括化学式为 $Li_x Ni_y Co_z Me_k M_p O_2$ 的颗粒,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种, M包含Y、Nb、In、La、Zr、Ce、W、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种, $0.8 \leq x \leq 1.1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, 0 < k < 1, 0 \leq p \leq 0.1$ 。

[0052] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料颗粒表面还包括包覆材料,包覆材料包括包覆元素,包覆元素包含Al、Ti、Co、W、Y、Si、B、P或F中的至少一种。包覆材料包覆在正极



活性材料表面。具体的,采用干法包覆(高温固相法)将包覆材料包覆在正极活性材料表面,正极活性材料的表面部分或全部包覆有包覆材料所形成的包覆层,例如,包覆层与正极活性材料接触的面积占正极活性材料表面积50%、60%、70%、80%、90%或100%。在正极活性材料表面增加包覆材料,以提高正极活性材料的结构稳定性和倍率性能。

[0053] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料颗粒具有表面区域,以及邻接表面区域的中心区域,表面区域包含Al、Ti、Co、W、Y、Si、B、P或F中的至少一种,中心区域包含M元素,M元素包含Zr和W。在多孔正极活性材料满足 $4 \leq I = \text{BET} \times \text{TD} \times (\text{Dv}_{90} - \text{Dv}_{10}) \leq 14$ 的同时,正极活性材料的中心区域包含M元素的同时在正极活性材料表面包含包覆元素,能够使正极活性材料用于正极极片时具有较优的颗粒形貌、颗粒尺寸使正极活性材料在正极极片能够具有较好的分布,同时调整M元素和包覆元素的组成,选择更优的M元素和包覆元素,能够使正极活性材料的结构处于更优状态,使电池的综合性能更优。

[0054] 相应的,本申请第二方面提供一种正极活性材料的制备方法,包括:将锰源或铝源的任意一种与镍源、钴源混合,加入沉淀剂和络合剂,反应得到三元材料前驱体;将三元材料前驱体、M元素源和锂源混合并进行第一次烧结,冷却并破碎后得到包含M元素的材料;将包含M元素的材料和包覆元素源混合并进行第二次烧结,得到正极活性材料。本申请通过改变前驱体制备过程中的pH值、络合剂浓度和合成气氛等工艺参数,优化晶体成核速率和生长速率。本申请还调控烧结温度、烧结时间和破碎强度。由于孔隙结构的调控对以上参数非常敏感,因此需要对上述工艺参数做多阶段的精准调控。

[0055] 进一步的,正极活性材料包含化学式为 $\text{Li}_x \text{Ni}_y \text{Co}_z \text{Me}_k \text{M}_p \text{O}_2$ 的化合物,其中,Me选自Mn或Al中的至少一种,M包含Y、Nb、In、La、Zr、Ce、W、Al、Ti、Sr、Mg、Sb、V、Zn、Cu、Cr或Fe中的至少一种, $0.8 \leq x \leq 1.1$ , $0 < y < 1$ , $0 < z < 1$ , $0 < k < 1$ , $0 \leq p \leq 0.1$ 。

[0056] 在本申请的一些实施例中,镍源包括硫酸镍、醋酸镍或硝酸镍中的至少一种;和/或,钴源包括硫酸钴、醋酸钴或硝酸钴中的至少一种;和/或,锰源包括硫酸锰、醋酸锰或硝酸锰中的至少一种;和/或,铝源包括硫酸铝、醋酸铝或硝酸铝中的至少一种;和/或,M元素源包括硝酸锆、硝酸钨、硝酸铝、硝酸钛、硝酸锶、硝酸镁、硝酸钇、硝酸铈、硝酸铟、硝酸铋、硝酸镧、硝酸铪、硝酸钒、硝酸铷、硝酸铯、硝酸钽、硝酸铌、硝酸钼、硝酸铯、硝酸钡、硝酸镉、硝酸铜、硝酸铬、硝酸铁、氧化钨或氧化锆中的至少一种;和/或,锂源包括氢氧化锂、碳酸锂、醋酸锂或硝酸锂中的至少一种;和/或,包覆元素源包括硝酸铝、硝酸钛、硝酸钴、硝酸钨、硝酸钇、氧化硅、氧化硼、五氧化二磷或氧化铝中的至少一种。

[0057] 在本申请的一些实施例中,沉淀剂包括氢氧化钠溶液,络合剂包括氨水。

[0058] 进一步的,将三元前驱体、M元素源和锂源混合并烧结,烧结的温度可以为600~1000℃,也可以为700~900℃,还可以为800~880℃,以5~50℃/min的速率升温至该温度;烧结的时间可以为3~16小时,也可以为5~15小时,还可以为8~10小时。

[0059] 进一步的,将包含M元素的材料和包覆元素源混合并烧结,烧结的温度可以为400~700℃,也可以为450~600℃,还可以为500~550℃;烧结的时间可以为1~9小时,也可以为2~8小时,还可以为3~7小时。

[0060] 具体实施时,正极活性材料的制备方法包括:

(1)按一定摩尔比例称取镍源、钴源、锰源或铝源的任意一种,分别溶于去离子水中,通过控制氨水浓度、pH值、搅拌速度、反应时间和反应温度等工艺条件合成前驱体,例如

可以控制pH值为10~13;

(2)将步骤(1)所得的前驱体与M元素源以及锂源混合均匀,在氧气气氛下进行烧结,冷却至室温后破碎,得到包含M元素的材料;

(3)将包含M元素的材料和包覆元素源混合均匀,在空气气氛下400~700℃烧结1~9h,得到正极活性材料。

[0061] 此外,本申请第三方面提供一种电池,包括正极极片,正极极片包括正极集流体和设置于正极集流体上的正极活性材料层,正极活性材料层包括上述的正极活性材料或上述的制备方法所制备的正极活性材料。

[0062] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料层的真实活性面积为 $A \text{ cm}^2$ ,满足: $4 \times 10^4 \leq A \leq 2 \times 10^5$ ,例如可以为 $4.5 \times 10^4$ 、 $6.5 \times 10^4$ 、 $7.6 \times 10^4$ 、 $8 \times 10^4$ 、 $9 \times 10^4$ 、 $1 \times 10^5$ 或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中, $6.5 \times 10^4 \leq A \leq 1 \times 10^5$ ;在本申请的一些实施例中, $7.6 \times 10^4 \leq A \leq 9 \times 10^4$ ;真实活性面积指的是可参与电化学反应的有效面积。正极活性材料层的真实活性面积与正极活性材料的孔结构、孔径大小分布、比表面积以及抗压能力有关,以上材料参数和正极活性材料层压实密度共同作用会引起真实活性面积的变化。

[0063] 在本申请的一些实施例中,当温度为 $-20^\circ\text{C}$ ,电池荷电状态SOC为30%时,正极活性材料层的单位体积放电功率为 $P \text{ W/cm}^3$ , $8 \leq P \leq 30$ ;例如可以为8.9、14、15、16、22、23、24、25、29或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中, $8.9 \leq P \leq 29$ ;在本申请的一些实施例中, $15 \leq P \leq 25$ 。电池的低温低SOC放电功率 $P_0$ 与真实活性面积 $A$ 的关系满足: $0.6 \leq 1000P_0/A \leq 1$ , $d, P = P_0 \times PD/m$ , $P_0 \text{ W}$ 表示电池在所述条件下的放电功率; $PD \text{ g/cm}^3$ 表示正极活性材料层压实密度; $mg$ 表示正活性材料层重量。

[0064] 在本申请的一些实施例中,正极活性材料层的压实密度为 $PD \text{ g/cm}^3$ ,满足: $2.4 \leq PD \leq 3.5$ ,例如可以为2.6、2.8、3.0、3.1、3.3或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中, $2.6 \leq P_s \leq 3.1$ ;正极活性材料层的孔隙率 $P_s$ 满足: $20\% \leq P_s \leq 40\%$ ,例如可以为22%、23%、25%、26%、27%、28%、30%、35%或其中任意两个值组成的范围。在本申请的一些实施例中, $22\% \leq P_s \leq 35\%$ ;在本申请的一些实施例中, $25\% \leq P_s \leq 30\%$ 。

[0065] 具体实施时,将上述的正极活性材料或上述方法制得的正极活性材料,与导电剂、粘结剂以及溶剂搅拌均匀,经过过筛、涂布、辊压、分条和裁片等工序制成正极极片。通过改变辊压参数,也可以控制正极极片的相应性质和参数。只要能够控制本申请的正极活性材料层满足上述特征即可。

[0066] 具体的,电池包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液,正极极片为上述的正极极片。具体实施时,将上述的正极极片,与负极极片、隔离膜和电解液等组装成锂离子电池。其中负极极片所采用的负极材料可以为人造石墨、天然石墨、中间相碳微球、无定形碳、钛酸锂或硅碳合金中的一种或多种。负极材料也需要具备压实密度高、质量比容量和体积比容量较高等特点。

[0067] 在一些实施例中,电解液包括:有机溶剂,有机溶剂可以包含链状酯和环状酯,链状酯的质量百分含量大于环状酯的质量百分含量。环状酯可以包含碳酸乙烯酯(EC)和/或碳酸丙烯酯(PP),链状酯可以包含碳酸二甲酯(DMC)、碳酸甲乙酯(EMC)或碳酸二乙酯(DEC)中的至少一者。在一些实施例中,电解液的溶剂包括EC、EMC和DEC。在一些实施例中EC、EMC和DEC的质量比为(10~25):(10~25):(51~75)。在一些实施例中,电解液的制备包括:在含

水量<10ppm的氩气气氛手套箱中,将充分干燥的锂盐溶解于有机溶剂中,混合均匀,获得电解液。其中,锂盐的浓度为0.8~1.3mol/L。

[0068] 在一些实施例中,锂盐可以为 $\text{LiPF}_6$ (六氟磷酸锂)、 $\text{LiBF}_4$ (四氟硼酸锂)等。

[0069] 在一些实施例中,隔离膜的制备包括:选用厚度为9~18 $\mu\text{m}$ 厚的聚丙烯膜作为隔离膜。对隔离膜没有特别的限制,可以选用任意公知的具有电化学稳定性和机械稳定性的多孔结构隔离膜。

[0070] 本申请第四方面提供一种用电装置,包括上述的电池。

[0071] 在一些实施例中,本申请的用电装置为,但不限于备用电源、电机、电动汽车、电动摩托车、助力自行车、自行车、电动工具、家庭用大型蓄电池等。

[0072] 下面结合具体实施例进行说明。

[0073] 实施例1、

本实施例提供正极活性材料和正极极片的制备方法。

[0074] 正极活性材料制备包括如下步骤:

1)按元素摩尔比 $\text{Ni}:\text{Co}:\text{Mn}=0.5:0.2:0.3$ 的比例称取硫酸镍、硫酸钴和硫酸锰分别溶于去离子水中,将各金属溶液通过管道输送到反应釜形成混合金属溶液,并通入氮气作为保护气,在混合金属溶液中加入 $\text{NaOH}$ 水溶液作为沉淀剂,加入氨水作为络合剂,分阶段调节溶液的氨水浓度和溶液pH值,反应10小时,得到前驱体。

[0075] 2)将前驱体、碳酸锂、氧化钨和氧化锆混合均匀,控制锂配比为1.1:1,氧化钨和氧化锆与前驱体的重量占比分别为0.6wt%、0.37wt%。

[0076] 3)将混合好的物料转入烧结工序,烧结工序包括两个阶段:第一阶段在600 $^{\circ}\text{C}$ 下烧结6小时;第二阶段在880 $^{\circ}\text{C}$ 下烧结10小时。

[0077] 4)对烧结完后的材料进行破碎,然后将破碎后的材料与氧化铝混合均匀,氧化铝与破碎后的材料的重量占比为0.5wt%。

[0078] 5)将混合好的物料转入烧结工序,烧结温度为450 $^{\circ}\text{C}$ ,烧结时间为8小时,得到正极活性材料。

[0079] 6)将正极活性材料、导电剂、粘结剂按照质量比97:1.5:1.5进行混合,之后与溶剂搅拌混合均匀,经过过筛、涂布、辊压、分条和裁片等工序,制得正极极片。得到的正极活性材料参数和正极极片参数值具体如表1和表2所示。

[0080] 实施例2~8,14~18和对比例1~3中正极活性材料和正极极片的制备方法大致同实施例1,区别在于,实施例2~8和对比例1~3改变正极活性材料制备步骤中的相关参数,实施例14~18还改变了镍钴锰比例,例如pH值、氨水浓度和合成气氛等工艺参数,由此可控制正极活性材料的孔径分布、孔隙率和比表面积,获得具有预定参数特性的正极活性材料,应用此类正极活性材料制备正极极片,可获得具有预定参数特征的正极极片,具体参数见表1和表2。其中,对比例1~3列举了比表面积、孔径及孔隙率参数不在本申请的范围内的情况,其不能达到预期的正极活性材料层真实活性面积。

[0081] 实施例19~22采用与实施例1相同的正极活性材料,以及相同的导电剂和粘结剂,区别在于,实施例19~22改变极片制备工序中的辊压参数,通过控制正极极片的压实密度,可控制正极极片的孔隙率和真实活性面积,获得具有预定参数特征的正极极片,具体参数见表1和表2。

[0082] 实施例9~13与实施例1相比,差异在于M元素和包覆元素的不同,但保证材料孔径分布、比表面积和I值在适当的范围,具体材料参数和极片参数见表1和表2。

[0083] 其中正极活性材料层的真实活性面积A测试方法如下:

1) 将电池调至指定SOC(例如30%SOC);

2) 将调好SOC的电池转至手套箱中拆解,用对称电池的制样模具裁剪正极极片进行制样(正极极片样品尺寸为46 x 28mm),倒入适量高纯无水碳酸二甲酯DMC浸泡清洗,每8小时更换一次DMC,连续清洗3次,将干燥12小时之后的正极极片制作对称电池;

3) 将对称电池进行EIS测试,根据EIS测试曲线(奈奎斯特图)读出最大半径对应的频率f,根据公式  $\omega_{\max} = 2\pi f$ , 计算得到角速度  $\omega_{\max}$ ;

4) 对对称电池EIS进行拟合,得到电荷转移阻抗  $R_{ct}$  的具体数值;

5) 利用公式  $A = 1/20 \omega_{\max} R_{ct}$  进行计算,得到电极真实活性面积A。

[0084] 表1

编号	Ni/Co/Mn 比例	BET (m <sup>2</sup> /g)	TD (g/m <sup>3</sup> )	Dv10 (μm)	Dv50 (μm)	Dv90 (μm)	I	D <sub>max</sub> (nm)	D <sub>HW</sub> (nm)	P <sub>c</sub> (%)
实施例1	5/2/3	1.21	2.11	2.42	3.32	4.71	5.8	1200	200	53.5
实施例2	5/2/3	1.82	1.52	1.84	3.21	5.03	8.8	2000	380	62
实施例3	5/2/3	3.02	1.33	2.83	3.91	5.51	10.8	1700	420	66.8
实施例4	5/2/3	1.53	1.81	2.22	3.22	5.03	7.8	1800	300	58.7
实施例5	5/2/3	2.31	1.41	2.61	3.12	5.68	10.0	1900	400	63.3
实施例6	5/2/3	2.71	1.32	2.52	3.09	5.87	12.0	1800	420	67.9
实施例7	5/2/3	0.98	2.12	2.78	3.89	5.46	5.6	850	160	46.3
实施例8	5/2/3	2.96	1.28	2.14	3.08	5.27	11.9	1400	450	75.5
实施例9	5/2/3	1.21	2.19	2.51	3.53	4.82	6.1	1213	203	54.3
实施例10	5/2/3	1.12	2.21	2.50	3.61	5.08	6.4	1226	211	56.2
实施例11	5/2/3	1.22	2.19	2.52	3.44	4.79	6.1	1196	202	54
实施例12	5/2/3	1.21	2.20	2.50	3.50	4.91	6.4	1187	198	53.3

实施 例 13	5/2/3	1.21	2.21	2.51	3.54	4.90	6.4	1195	199	53.6
实施 例 14	6/1.5/2.5	1.24	2.23	2.50	3.50	4.95	6.8	1400	200	56.9
实施 例 15	6/1.5/2.5	1.53	1.81	2.21	3.23	5.01	7.8	1800	300	58.7
实施 例 16	6/1.5/2.5	1.73	1.54	1.81	3.21	5.08	8.7	2000	380	61.8
实施 例 17	6/1.5/2.5	2.63	1.33	2.83	3.91	5.51	9.4	1700	400	63.2
实施 例 18	6/1.5/2.5	2.71	1.36	2.55	3.12	5.89	12.3	1800	420	65.1
实施 例 19	5/2/3	1.21	2.12	2.43	3.32	4.72	5.9	1200	200	53.5
实施 例 20	5/2/3	1.22	2.10	2.44	3.33	4.73	5.9	1200	200	53.5
实施 例 21	5/2/3	1.21	2.11	2.43	3.31	4.72	5.8	1200	200	53.5
实施 例 22	5/2/3	1.22	2.10	2.42	3.32	4.73	5.9	1200	200	53.5
对比 例 1	5/2/3	0.75	2.21	2.43	3.13	4.72	3.8	780	140	44.2
对比 例 2	5/2/3	2.83	1.22	1.52	3.97	5.84	14.9	2500	470	78.3
对比 例 3	5/2/3	3.62	1.22	2.13	3.02	5.21	13.6	2100	450	75.6

表2

编号	Ni/Co/Mn 比例	M元素	包覆 元素	Pd (g/cm <sup>3</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	PD (g/cm <sup>3</sup> )	P <sub>s</sub> (%)
实施例 1	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	9.0×10 <sup>4</sup>	3.0	22.7
实施例 2	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	1.3×10 <sup>5</sup>	3.0	26.1
实施例 3	5/2/3	Zr+W	Al	3.0	1.4×10 <sup>5</sup>	3.0	30.2
实施例 4	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	9.9×10 <sup>4</sup>	3.0	25.1
实施例 5	5/2/3	Zr+W	Al	3.0	1.3×10 <sup>5</sup>	3.0	27.3
实施例 6	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	1.4×10 <sup>5</sup>	3.0	28.6
实施例 7	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	4.5×10 <sup>4</sup>	3.0	20.3
实施例 8	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	1.8×10 <sup>5</sup>	2.9	32.3
实施例 9	5/2/3	Sr+W	Al	3.1	9.0×10 <sup>4</sup>	3.0	22.6
实施例 10	5/2/3	Zr+Ce	Al	3.1	8.7×10 <sup>4</sup>	3.0	21.9
实施例 11	5/2/3	Zr+W	Al+B	3.1	9.3×10 <sup>4</sup>	3.0	23.3
实施例 12	5/2/3	Zr+W	Al+Ti	3.1	8.9×10 <sup>4</sup>	3.0	22.3
实施例 13	5/2/3	Zr	Al	3.1	9.0×10 <sup>4</sup>	3.0	22.6
实施例 14	6/1.5/2.5	Zr+W	Al	3.1	9.3×10 <sup>4</sup>	3.0	23.2
实施例 15	6/1.5/2.5	Zr+W	Al	3.1	9.9×10 <sup>4</sup>	3.0	25.1
实施例 16	6/1.5/2.5	Zr+W	Al	3.1	1.3×10 <sup>5</sup>	3.0	26.1
实施例 17	6/1.5/2.5	Zr+W	Al	3.1	1.4×10 <sup>5</sup>	3.0	30.2
实施例 18	6/1.5/2.5	Zr+W	Al	3.1	1.4×10 <sup>5</sup>	3.0	28.5
实施例 19	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	6.5×10 <sup>4</sup>	2.4	39.8
实施例 20	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	7.6×10 <sup>4</sup>	2.6	30.7
实施例 21	5/2/3	Zr+W	Al	3.2	8.2×10 <sup>4</sup>	2.8	27.1
实施例 22	5/2/3	Zr+W	Al	3.0	8.6×10 <sup>4</sup>	3.2	20.1
对比例 1	5/2/3	Zr+W	Al	3.1	3.6×10 <sup>4</sup>	2.9	22.1
对比例 2	5/2/3	Zr+W	Al	2.9	2.1×10 <sup>5</sup>	2.8	35.4
对比例 3	5/2/3	Zr+W	Al	3.0	2.1×10 <sup>5</sup>	3.0	34.8

对实施例1~22和对比例1~3的锂离子电池进行低温功率、高温存储和高温产气测试,低温功率测试流程为:将电池调至30% SOC后,在-20℃的温度条件下静置,使电池表面温度稳定,以一定功率 $P_0$  W 放电10s,末端电压为2.21~2.26V时,认为试功率测试成功,即此时的 $P_0$  W为电池的低温放电功率。高温存储测试流程为:充电至4.3V,置于60℃恒温箱中存储,每隔30天测试残余容量并重新满电存储;计算方法为:入炉存储之前测试初始容量 $Q_0$ ,每隔30天之后从温箱取出,冷却后,测试残余容量 $Q$ ,“ $Q/Q_0 \times 100\%$ ”即电池的存储容量保持率。高温产气测试流程为:取3个电池样品,充电至4.3V,置于60℃恒温箱中存储,每隔15天用排水法测试电池体积。每隔30天1C充满一次。计算方法为:排水法测试初始体积 $V_0$ ,每隔15天从温箱取出电池,冷却后用排水法测试电池体积 $V$ ,“ $(V/V_0 - 1) \times 100\%$ ”即为高温存储体积膨胀率。

[0085] 性能数据如表3所示:

表3

编号	$P_0$ (W)	P (W/cm <sup>3</sup> )	60℃存储 90d 容量保持率	60℃存储 75d 体积膨胀率
实施例 1	66	15.2	82.8%	26.5%
实施例 2	98	22.4	82.0%	29.2%
实施例 3	105	24.2	77.4%	51.9%
实施例 4	73	16.8	82.5%	27.9%
实施例 5	95	22.0	81.4%	35.3%
实施例 6	103	23.7	79.5%	39.9%
实施例 7	35	8.1	86.2%	20.1%
实施例 8	132	29.4	73.3%	48.7%
实施例 9	66	15.2	82.7%	26.4%
实施例 10	64	14.8	82.9%	26.0%
实施例 11	68	15.7	82.5%	26.7%
实施例 12	65	15.0	82.7%	27.3%
实施例 13	65	15.0	80.1%	29.3%
实施例 14	65	15.0	81.8%	28.4%
实施例 15	71	16.4	80.9%	29.6%
实施例 16	95	21.9	79.6%	30.3%
实施例 17	102	23.5	78.5%	36.9%
实施例 18	99	22.8	77.8%	40.6%
实施例 19	48	8.9	85.1%	24.2%
实施例 20	56	11.2	84.7%	25.1%
实施例 21	60	12.9	83.5%	25.7%
实施例 22	63	15.5	82.4%	26.9%
对比例 1	25	5.6	83.6%	23.5%
对比例 2	150	32.3	72.2%	60.3%
对比例 3	146	33.7	73.1%	59.3%

实施例1~8和对比例1~3对比了不同孔径分布的材料相关参数,随着正极活性材料的孔径 $D_{max}$ 增大和孔径分布半峰宽 $D_{HW}$ 增大,正极活性材料的孔隙率 $P_c$ 增大,再经过相同的电极和电池制作工艺,正极活性材料层的真实活性面积A增大,电池的低温功率性能提升。

[0086] 实施例1和实施例19~22,以及实施例14~18对比了不同压密的正极活性材料层的相关参数,随着正极活性材料层压实密度和正极活性材料层孔隙率 $P_s$ 的改变,正极活性材料层的真实活性面积A均受到影响,电池的低温功率也同时受到影响,说明存在一个合适的I值、 $P_s$ 和压实密度共同作用使低温功率性能发挥较优。

[0087] 实施例1和实施例9~10对比了不同M元素的材料相关参数,当正极活性材料M元素为两种,尤其含有W时,相比于只有一种M元素,电池具有更优的综合性能。

[0088] 实施例1和实施例11-12对比了不同包覆元素的材料相关参数,以上包覆元素的更改替换,对正极活性材料的孔径分布和孔隙率没有明显影响,对电池的电性能没有明显影响。

[0089] 如图1所示为本申请实施例2得到的正极活性材料的表面形貌的电镜表征测试图;如图2所示为本申请实施例2得到的正极活性材料的截面形貌的电镜表征测试图。

[0090] 本申请可在不影响浆料和正极极片加工的前提下,使正极活性材料层具有较高的真实活性面积,提高正极活性材料与电解液的有效接触面积,优化离子传输、电子传输以及电解液的扩散速率,实现电芯功率性能的提升,尤其是低温功率性能的提升。本申请制得的正极活性材料具有较优的粒度分布和抗压强度,可有效缓解辊压过程中颗粒破碎的问题,改善电池的界面副反应,降低产气量和改善长期寿命。本申请的正极活性材料和正极极片具有较优的压实能力,可保证单位体积内的活性物质重量,从而保证电池的单位体积容量。

[0091] 以上对本申请所提供的一种正极活性材料、电池及其制备方法进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。



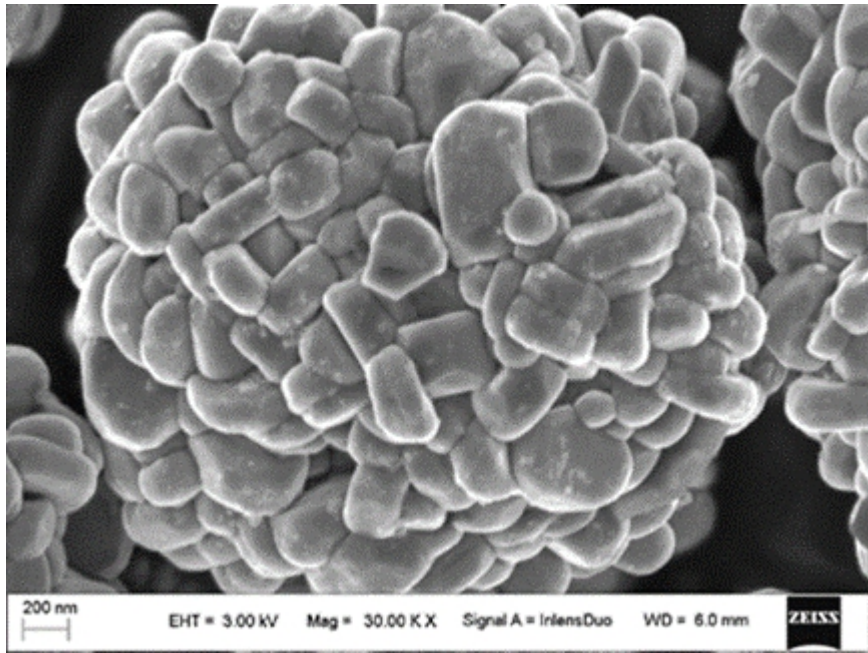


图1

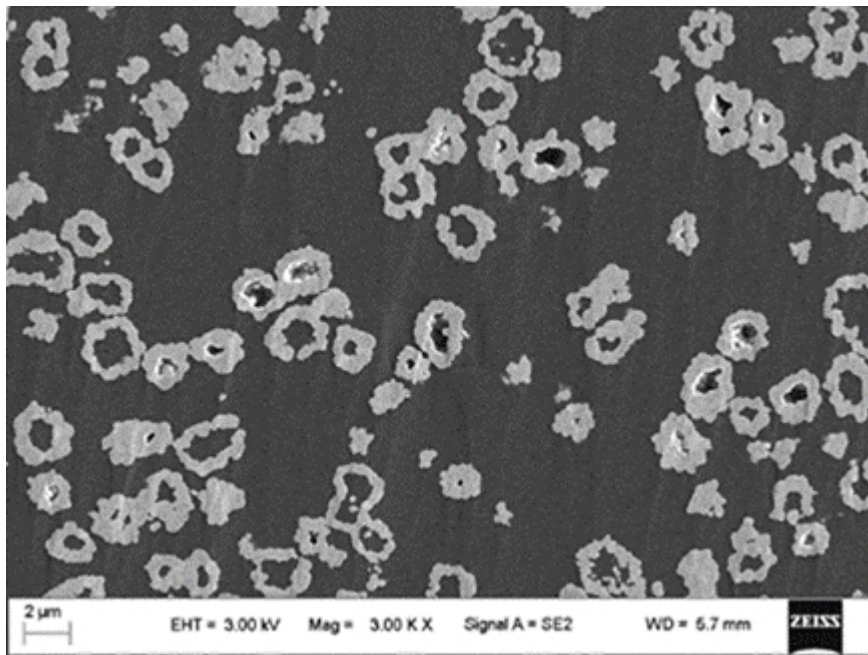


图2