

纳米二氧化锰制备方法的研究进展

王春雨, 侯永江*, 李博, 闫妍

(河北科技大学环境科学与工程学院, 河北石家庄 050018)

摘要: 简单介绍了纳米二氧化锰晶型、各晶型的结构与性质及应用领域。主要介绍了水热法、固相法、共沉淀法、溶胶凝胶法与电化学法制备纳米二氧化锰的研究进展, 并对纳米二氧化锰制备方法的发展进行了分析与探讨。

关键词: 纳米二氧化锰; 水热法; 固相法; 共沉淀法; 溶胶凝胶法; 电化学法

中图分类号: X52

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2016)04-0013-05

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.04.004

Progress of preparation methods for nanometer manganese dioxide

WANG Chun-yu, HOU Yong-jiang*, LI Bo, YAN Yan

(School of Environmental Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China)

Abstract: The crystal types, structure and properties of the nanometer manganese dioxide and its applications are briefly introduced. The development of preparation methods for nanometer manganese dioxide, including hydrothermal method, solid phase method, co-precipitation method, sol-gel and electrochemical method, are mainly introduced. The prospects of the preparation methods for nanometer manganese dioxide in the future are also analyzed and discussed.

Key words: nanometer manganese dioxide; hydrothermal method; solid phase method; co-precipitation method; sol-gel method; electrochemical method

纳米二氧化锰之所以被广泛研究, 是因为其本身晶体结构的多变性。纳米二氧化锰存在多种晶型如 α - MnO_2 、 γ - MnO_2 、 β - MnO_2 、 δ - MnO_2 、 ε - MnO_2 、 λ - MnO_2 。其中 α - MnO_2 为碱硬锰矿型二氧化锰, 它的对称性的网络结构形成了 $[2 \times 2]$ 的一维隧道结构, 其隧道空间能接受水分子、 Ba^{2+} 、 K^+ 等 1 价或 2 价分子, 目前 α - MnO_2 材料已被用作电极材料、氧化剂材料及脱色剂材料等其他领域; δ - MnO_2 具有独特的层状结构, 这种层状结构有利于带电粒子在晶格中的移动, 同时 δ - MnO_2 的特殊结构使其具有优于其他晶型的较大比表面积的优势, 所以 δ - MnO_2 主要应用于催化、吸附等领域; β - MnO_2 属于四方晶系的一种软锰矿, 具有较好的热稳定性, 但是其 $[1 \times 1]$ 的隧道结构导致其中离子不易扩散, 而不利于放电极化, 所以 β - MnO_2 不宜作电极材料; 纳米二氧化锰的晶型具有多变性以及每种晶型结构与性质复杂性很难被公式化确定, 所以研究纳米二氧化锰晶型之间的转变规律是刻不容缓的。

纳米二氧化锰作为环境友好型催化剂已被大量研究, 其合成方法主要包括水热法、固相合成法、溶

胶凝胶法、电化学沉积法、共沉淀法等多种方法。制备方法的不同对纳米二氧化锰的粒度分布、晶粒尺寸以及晶型的转变都具有不同程度影响; 而纳米二氧化锰的性质、结构和形貌与制备方法和制备条件有很大关系。为了合成出实际生产或实验所需要的特定的结构、形貌、尺寸的纳米二氧化锰, 研究纳米二氧化锰的合成方法具有重要现实意义^[1-2]。

1 水热法制备纳米二氧化锰

水热法制备纳米二氧化锰是指在水溶液中, 反应物通过一定配比制成溶液, 在高温高压下生成纳米二氧化锰的方法。在水热条件下, 溶解离子的溶解度增加, 离子的活度增强, 能使沉淀物溶解并重结晶、成核并长大。水热法制备的纳米二氧化锰纯度高、分散性好且易于得到可控形貌的纳米颗粒^[3]。

1.1 水热沉淀法

水热沉淀法制备纳米二氧化锰就是在高温高压下通过可溶的盐与沉淀剂反应生成金属氧化物的过程。

齐和日玛^[4]以 KMnO_4 和 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为原料水

热法制备纳米二氧化锰,考察了 KMnO_4 和 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的摩尔比与水热温度对产物的影响,结果表明,固定 KMnO_4 的用量,随着 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 用量的增加与温度的升高,产物逐渐从 δ - $\delta + \alpha$ - α 型二氧化锰晶型转变;同时随着水热温度的增加,生成的纳米二氧化锰的粒径在逐渐增加;反应物浓度的增加会使成核量增加,颗粒变小;同时还通过 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 在一定配比下水热法制备了 β 型的纳米二氧化锰,实验结果证明,纳米二氧化锰的吸附性能为 $\delta > \alpha > \beta$ 。

在制备金属氧化物时,水热法不仅能制备晶型单一且颗粒均匀的颗粒,还能通过掺杂其他金属元素来制备电化学性能优异的复合金属氧化物。有研究表明,在二氧化锰本体的制备中掺杂其他少量元素进行改性能够引起二氧化锰晶胞参数的异性膨胀,隧道尺寸的微变,从而提高材料的导电率与 $\text{Mn}-\text{O}$ 的强度。曾建^[5]以 KMnO_4 和 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为原料,通过掺杂含 Al、Ni 的硫酸盐,制备了含 Al、Ni 的复合纳米二氧化锰材料。Al、Ni 掺杂到二氧化锰晶格中,使得制备产物较纯二氧化锰具有较高比表面积、较低的电荷转移阻抗。

张立春^[6]通过制备 Na-BirMO 层状前驱物,通过改变水热反应体系的温度、反应时间及反应体系的酸度等参数,成功合成了具有四棱柱、半管及纳米卷的纳米二氧化锰材料。

1.2 水热分解法

水热分解法制备纳米二氧化锰是将含锰的氢氧化物或含锰的含氧盐在酸或碱的水溶液中分解形成纳米二氧化锰的过程。一般,纳米二氧化锰的热分解法是通过采用 KMnO_4 溶液自身发生歧化反应制备的。单独 KMnO_4 溶液自身分解产生纳米二氧化锰的研究更有利于深入了解氧化锰晶核与溶液可逆性溶解-析出平衡的关系,及纳米二氧化锰晶面生长规律—优先生长和抑制生长晶面的研究。

二氧化锰的制备采用水热分解法一般都以 KMnO_4 为原料,在水溶液中能够自分解,得到皆为 $\text{K}_x\text{MnO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ 化学式的产物。张立春^[6]通过对 KMnO_4 溶液单独进行水热反应研究,结果证明,随着水热温度达到 140°C , KMnO_4 开始自分解产生花球状的纳米二氧化锰,随着温度继续升高,当温度达到 240°C 时, KMnO_4 开始自分解产生纳米带型的颗粒,即晶型由 δ - MnO_2 转变为 α - MnO_2 ;当 KMnO_4 自分解反应时间少于 1 d 时,生成的纳米二氧化锰主要为毛线球形,超过 2 d 后,将生成纳米线型的纳米

二氧化锰。其生长机理主要是 KMnO_4 溶液浓度在达到溶解-析出平衡后成核过程停滞,会生长出片层结构的球形,随着 KMnO_4 分解的耗尽,微球的片层结构趋于破坏,坍塌形成纳米带结构形貌。

2 固相法制备纳米二氧化锰

固相法制备纳米二氧化锰主要是应用化学固相法制备,根据制备时的温度条件分为低温固相法和高温固相法。化学固相法原理简单,将固体反应物混合,通过高速球磨方法在经过处理后制备纳米级的二氧化锰^[7]。

2.1 低温固相法

低温制备纳米二氧化锰是指在室温或低温下,固体反应物经过混合、研磨、离心、焙烧等步骤制备的。低温固相法一般分为直接反应法、前驱体法、氧化法和添加分散剂法。

表面活性剂的添加能够减少产物的团聚现象,提高分散性,当使用高分子聚合物时,由于聚合物的交联结构能形成特殊形貌的产物。蒋蓉蓉^[8]将一定量的醋酸锰添加表面活性剂,在室温下加入草酸进行研磨得到产物进行煅烧,前驱体制得的纳米氧化物粉末相较其他方法可控产物晶型和颗粒大小。实验证明,经过焙烧后的草酸锰前驱体制得的氧化物具有较大的比表面积($283 \text{ m}^2/\text{g}$), 200°C 焙烧下的样品具有良好的电化学性能。另外,作者通过添加表面活性剂三嵌段聚合物 P123 与十二烷基硫酸钠 SDS 合成了大比表面积的纳米二氧化锰,当不添加 P123 时,产物为表面粗糙的粒子,加入表面活性剂 P123 后,产品均为纳米线,且随着 P123 浓度的改变,生成的纳米线的直径与长度都发生改变。而添加了 SDS 的产物则出现了较薄的片状物。实验结果显示,添加了表面活性剂的纳米二氧化锰具有较大的比表面积,锰离子与表面活性剂之间形成了特殊的化学键,从而在特定的方向上生长。

杨帆等^[9]通过低温固相法,将硫酸锰、氯化锰和乙酸锰分别和高锰酸钾反应,在室温下按一定比例研磨、酸洗、洗涤和干燥。通过实验结果对比,还原剂阴离子的不同对生成的无定形的 MnO_2 有一定的影响。其生成物皆为 γ 型 MnO_2 ,其形貌分别为“绒刺”结构、“羊绒”结构、片状结构的纳米二氧化锰。经过 BJH 测算,平均孔径分别为 8.73、5.95、9.89 nm。生成的颗粒的比表面积也不同,硫酸锰与氯化锰为还原剂生成的 MnO_2 具有较大的比表面积,从而影响其电容性,有利于电极表面发生快速、

可逆的氧化还原反应。合成反应中阴离子的不同会影响纳米二氧化锰的形貌、孔容孔径、比表面积等,其物理化学性能也会产生相应地改变,但其阴离子的不同在根本上与纳米二氧化锰的空间结构有很大关系,其隧道结构容纳的阴离子的迁移与嵌入对骨架结构的形成都有影响。

2.2 高温固相法

高温固相反应一般是 600℃ 以上的反应,其反应较难控制,而纳米二氧化锰在一般情况下高温易失氧,变为 Mn_2O_3 或 Mn_3O_4 等低价锰离子,所以在制备纳米二氧化锰中,鲜有学者选用高温固相法。高温固相法适用于热力学稳定化合物,有人将 $NaCO_3$ 和 $MnCO_3$ 在 700 ~ 710℃ 下通入 N_2 保护持续加热 18 h,期间取出混合固体进行研磨,制备出了层状前驱体 α - $NaMnO_2$ 粉末。

3 共沉淀法制备纳米二氧化锰

3.1 共沉淀法

共沉淀法就是利用某一化学反应向溶液中加入沉淀剂,在沉淀剂作用下,使生成物缓慢生成,制备的沉淀物颗粒均匀且致密,便于洗涤过滤。有学者利用水溶液化学沉积法制备出了纳米二氧化锰,通过控制 $KMnO_4$ 和 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 的摩尔比、反应温度及反应时间制备出了粒径范围为 5 ~ 500 nm 的 MnO_2 颗粒,随着水浴反应温度的升高(从 40℃ 到 90℃),生成的纳米二氧化物晶型转变为 δ - $\delta + \gamma$ - α ,最后在 α 晶型下稳定,其主要影响因素为 $MnSO_4$ 的量、 K^+ 含量^[10-12]。

3.2 共沉淀法联合使用模板剂

科学家们一直致力于合成可控组成、结构、形貌、尺寸、取向的纳米材料,而模板法能够帮助实现这一设想。相较于传统的共沉淀法,联合使用模板制备纳米二氧化锰能够更为精确地合成可控尺寸、形状与结构的颗粒。但使用模板剂后因为模板与产物难分离、合成条件受限、反应速度低等因素难以实现工业化生产。

模板材料可分为软模板和硬模板 2 种纳米材料,其中软模板主要有生物分子模板、聚合有机物模板以及支撑液膜等材料,硬模板包括氧化铝模板以及分子筛模板等^[13-14]。

有研究者以 MCM-41 介孔分子筛为模板,通过溶胶-凝胶法制备纳米材料,再以氢氟酸溶解去除二氧化硅模板^[15-16]。Li 等^[17]以中间相炭微球为模板通过共沉淀的方法制备的纳米尺寸为长 200 nm、

宽 60 nm 的结构单一的 MnO_2 ,通过实验测试,在 1 mol/L 的 $LiPF_6$ 溶液中这种新型材料的比电容最大值达到了 183 F/g。

陶玉贵^[18]以甘氨酸为模板,高锰酸钾为锰源,在硝酸体系中通过仿生法制备出了纳米二氧化锰,当反应时间为 1 h 时,通过调控反应温度,当温度为 70℃ 时晶体形貌主要为片状花球形,当温度为 90℃ 时晶体形貌为棒状,当 70℃ 下反应 8 h 时,制得了针花状的 MnO_2 。随着反应时间增加,纳米二氧化锰形貌会由球形逐渐转变为针球状结构,与不添加甘氨酸时的 SEM 图对比,可知有机物甘氨酸作模板能够促进反应生成物生长,且生成物的形貌较规则,能起到诱导与调控的作用。

3.3 共沉淀法联合超声波技术

超声化学法制备纳米材料已经引起了越来越多的科学家的重视。超声技术对纳米材料的形貌与颗粒大小起到关键作用。超声共沉淀法是在超声空化的作用下产生了高温、高压的现象,从而促进了沉淀晶核的生成和长大。

蒋蓉蓉^[8]利用超声波沉淀法以过硫酸铵氧化乙酸锰制备纳米 MnO_2 ,成功制备了 α 与 γ 型的 MnO_2 ,实验发现,当添加表面活性剂 P123 的质量分数为 0.02% 时,制备的 MnO_2 具有最大比表面积为 279 m^2/g ,该样品在 5 mV/s 的扫速下放电容量达到了 168 F/g,且循环稳定性良好。

4 溶胶-凝胶法

目前采用溶胶-凝胶法制备纳米二氧化锰主要利用醋酸锰、柠檬酸为原料,经过溶胶、凝胶、干燥、热处理等步骤制备。溶胶-凝胶法制备的纳米二氧化锰具有化学均匀性好、纯度高、颗粒细等优点。溶胶-凝胶法中添加模板剂(有机或无机材料)能制备出一维或二维规整的纳米材料^[19]。

汪彤艳等^[20]以氧化铝为模板,利用溶胶-凝胶法在其微孔中制备出了 α 型二氧化锰,通过实验证明,在 2 mol/L 的 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液中, α - MnO_2 具有优良的电容行为。

楼颖伟^[21]以醋酸锰、柠檬酸为原料利用溶胶-凝胶法制备了纳米二氧化锰,考察了反应物配比、pH、烧结时间等对产物的影响,实验结果表明,当柠檬酸与醋酸锰的摩尔比为 0.4:1 和 0.5:1 且 pH = 6 时,产物中 MnO_2 的含量最高;烧结温度在 350℃ 且烧结时间大于 10 h 时,产物中 MnO_2 的含量较高。

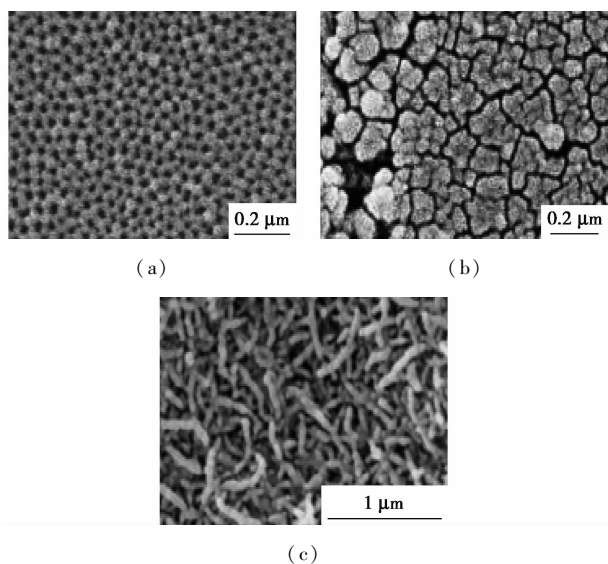


图1 不同放大比例下以氧化铝为模板的 α 纳米二氧化锰

Zhu 等^[22] 合成出了 3D 网状介孔结构的 β - MnO_2 材料, 由于其高比表面积和合适的孔道结构使其展示出了很高的电化学性能, 与传统的 β - MnO_2 比较, 其比电容是传统 β - MnO_2 比电容的 10 倍以上, 而且展现出了良好的循环稳定性。使用溶胶-凝胶法联合模板剂制备纳米二氧化锰能够得到规整形貌的纳米二氧化锰。溶胶-凝胶法本身制备纳米氧化物所得的颗粒已经颗粒粒径均匀、纯度高, 当限制在模板剂中生长时, 通过控制反应条件就能得到预想的晶型与固定尺寸的纳米二氧化锰。

5 电化学法

电化学法制备纳米材料方法主要包括直流法、脉冲法、复合共沉淀法等, 其中纳米二氧化锰的制备目前主要采用控制反应体系中的沉积电位、沉积速度将被沉积离子沉积到电极板上, 获得相应产物。

有人采用电化学法将纳米线型的 MnO_2 沉积到碳纳米线纸上, 得到了复合材料 (MNCCP), 经过试验证明, 此复合材料具有较高的电容与可逆性, 3 000 次循环后容量仍超过 88%。

刘方园等^[23] 应用电沉积的方法将 MnO_2 负载于碳纤维纸上 (CFP) 材料上, 制备出了 MnO_2 /CFP 复合电极, 应用此电极对 6 mg/L 初始浓度的 Pb^{2+} 进行电吸附, 结果表明, 在沉积时间为 500 s、电压值为 1.0 V、pH 为 5.0 时可获得最佳的电吸附效果, 去除率达到了 99% 以上。

电化学法制备的纳米材料在耐磨性、硬度、电阻及电化学性能等方面是不如其他方法制备的材料的

性能的, 但通过电化学沉积法能够实现并合成碳纳米管、纳米磁性材料及纳米复合材料, 其应用前景广阔。

6 其他

除了传统合成纳米二氧化锰的方法外, 还有微乳液法、流变相反应法、 γ 射线照射法、臭氧氧化法等。

微乳液法主要是在 2 种互不相溶的液体在表面活性剂作用下形成的 10 ~ 100 nm 微粒, 其主要影响因素包括表面活性剂种类、助表面活性剂种类、油和水溶液的比例等。夏熙等^[24] 利用正己醇/环己烷/TX-100/水溶液微乳法制备了 γ - MnO_2 , 并证明其放电性能较好。除了微乳液法, 还有人用流变相反应法制备纳米二氧化锰, 通过混合一定量的高锰酸钾和苯甲酸锰, 在一定温度下与泡沫状的成型材料反应, 洗涤并干燥后得到粉末状的 MnO_2 。还有人用 γ 射线源场照射含锰源与表面活性剂的材料制备出了纳米 MnO_2 , 此法得到的产物具有纯度高、粒径分布窄等优点。

7 结语

纳米二氧化锰制备中影响晶体结构的因素很多, 大致有制备方法、合成温度、压力、煅烧温度、合成配比、pH、沉淀剂的加料速度等因素。随着将超声、微波、射线照射方式引入, 使得较传统方法有了新的发展。其中制备方法的不同主要影响了合成粒子的晶型、形貌、团聚度、颗粒大小、颗粒尺寸分布等^[25-26]。

纳米二氧化锰的晶形形貌具有规律性变化, 如 α - MnO_2 的线状结构、 β - MnO_2 的棒状结构、 γ - MnO_2 海胆状等其他无定形的结构与 δ - MnO_2 的层状结构等, 各种晶型的纳米 MnO_2 的形貌会随着反应条件的改变发生相应地改变, 为了获得相对固定晶型、固定结构、固定尺寸的晶体还需要对晶型之间的转换规律与机理进行研究与探讨。随着对二氧化锰的研究深入, 对于重金属废水、染料废水、农药废水以及废气处理, 二氧化锰也同样具有较好的处理效果。获得特定的晶型、结构、形貌、尺寸、粒径的纳米二氧化锰来处理特定污染物将被重点关注^[27-30]。

参考文献

- [1] 李经纬, 宋灿, 刘善堂. 不同晶型二氧化锰纳米棒催化氧化氯苯性能的研究[J]. 化学学报, 2013, 70(22): 2347-2352.

- [2] 李槐华,黄晓燕. 化学二氧化锰制备及进展评述[J]. 中国锰业,2014,32(2):1-5.
- [3] Duan Yuping, Ms He, Li Xiaogang, *et al.* The microwave electromagnetic characteristics of manganese dioxide with different crystallographic structures[J]. *Physica B*,2012,405:1826-1831.
- [4] 齐和日玛. 纳米氧化镍和氧化锰的制备、表征及性能研究[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2006.
- [5] 曾建. 锂-二氧化锰电池正极掺杂纳米二氧化锰及其复合材料的制备、表征及其电化学性能研究[D]. 北京:中国地质大学,2014.
- [6] 张立春. 氧化锰纳米材料的形貌可控合成及电化学性质研究[D]. 西安:陕西师范大学,2007.
- [7] 杨翠. 低温固相法制备金属纳米氧化物[D]. 上海:华东师范大学,2007.
- [8] 蒋蓉蓉. 纳米结构二氧化锰的制备及其作为电化学电容器电极材料的研究[D]. 天津:复旦大学,2010.
- [9] 杨帆,卫华,柴卉,等. 低温固相法制备纳米二氧化锰及电化学性能[J]. 电源技术,2014,38(11):2019-2022.
- [10] 何运生. 石墨烯/二氧化锰复合材料的制备与电化学性能[J]. 广东化工,2014,13(41):6-9.
- [11] 马贺. 纳米二氧化锰的制备及其电磁特性的研究[D]. 大连:大连理工大学,2009.
- [12] 李文洁. 纳米二氧化锰的水热制备、表征及超电容性能研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2007.
- [13] 严峻. 碳/氧化锰复合材料的制备及电化学性能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2010.
- [14] Zhi Liu, Xiuli Tan, Xin Gao, *et al.* Synthesis of three-dimensionally ordered macroporous manganese dioxide/carbon nanocomposites for supercapacitors[J]. *Journal of Power Sources*, 2014, 267: 812-820.
- [15] Yuxi Liu, Hongxing Dai, Jiguang Deng, *et al.* In situ poly(methyl methacrylate)-templating generation and excellent catalytic performance of $MnO_x/3DOM$ $LaMnO_3$ for the combustion of toluene and methanol[J]. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2013, 140/141:493-505.
- [16] Ying Liu, De Yan, Renfu Zhuo, *et al.* Design, hydrothermal synthesis and electrochemical properties of porous birnessite-type manganese dioxide nanosheets on graphene as a hybrid material for supercapacitors[J]. *Journal of Power Sources*, 2013, 242:78-85.
- [17] Li Ze-sheng, Wang Hong-qiang. Manganese dioxide-coated activated mesocarbon microbeads for supercapacitors in organic electrolyte[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2010, 142:104-109.
- [18] 陶玉贵. 水热法仿生合成纳米二氧化锰及其形貌调控[J]. 化工新型材料, 2013, 41(3):122-124.
- [19] 程新峰,付云芝,张晓娇. 超声法制备纳米材料的研究进展[J]. 无机盐工业, 2010, 42(11):1-4.
- [20] 汪形艳,王先友,黄伟国. 溶胶-凝胶模板法合成 MnO_2 [J]. 纳米线材料科学与工程学报, 2005, 23(1):112-115.
- [21] 楼颖伟. 纳米二氧化锰制备及电化学性能研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2004.
- [22] Zhu Jun-jie, Yu Li-li, Jin Tao-zhao. 3D network mesoporous beta-manganese dioxide: Template-free synthesis and supercapacitive performance[J]. *Journal of Power Sources*, 2014, 270:411-417.
- [23] 刘方园,胡承志,李永峰,等. MnO_2/CFP 复合电极的制备及电吸附 Pb^{2+} 特性的研究[J]. 环境科学, 2015, 36(2):552-558.
- [24] 夏熙. 二氧化锰及相关锰氧化物的晶体结构、制备及放电性能(1)[J]. 电池, 2004, 34(6):411-414.
- [25] 王平波. 形状可控金纳米粒子的制备及表征[D]. 兰州:兰州理工大学,2009.
- [26] 李红,安庆锋. 微乳液法制备纳米材料的研究进展[J]. 山东陶瓷, 2007, 20(4):22-25.
- [27] 杜森,孙中溪. 纳米氧化铝制备方法研究进展[J]. 无机盐工业, 2005, 37(12):9-13.
- [28] 孟卫松. 沉淀法制备纳米氧化铝粉体的研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2004.
- [29] 李娟,夏熙,李清文. 纳米 MnO_2 的固相合成及其电化学性能的研究(I)[J]. 高等学校化学学报, 1999, (9):1434-1437.
- [30] Jin Hee Moon, Hirokazu Munakata, Kiyoshi Kanamura. Hydrothermal synthesis of Fe-substituted manganese dioxide and its electrochemical characterization for lithium rechargeable batteries[J]. *Electrochimica Acta*, 2014, 134:92-99. ■

赢创在新加坡再建世界级蛋氨酸工厂

赢创工业集团近期开始在新加坡建造第二座世界级 DL-蛋氨酸生产工厂。新工厂计划年产能 15 万 t, 预计于 2019 年正式投产。目前, 赢创委员会已批准工厂的基础工程概念, 相关基础工程工作已启动。目前, 赢创工业集团在比利时安特卫普、德国韦瑟灵和科隆、美国莫比亚与新加坡的世界级工厂中生产 DL-蛋氨酸。

投资建设新工厂的决策主要基于当前对可持续性动物营养需求的不断增长。赢创董事会主席英凯师表示:“过去几年, 我们顺应市场需求适时地扩大了产能, 支持了 DL-蛋氨酸强劲的市场增长。未来, 我们计划再接再厉。”特种化工公司赢创以 MetAMINO® 为品牌销售其 DL-蛋氨酸产品。

新工厂位于新加坡裕廊岛, 紧邻已于 2014 年末投产的

首座蛋氨酸工厂。赢创健康与营养有限公司管理董事会主席 Reiner Beste 表示:“新工厂将与首座工厂一样, 按照计划进行建设和投产工作。”新工厂项目再次落户新加坡, 由此赢创能够更好地服务亚洲增长市场。此外, 在这座全新的纵向一体化生产基地中, 赢创将继续自主生产所有具有战略重要性的上游产品。“这确保了产品质量与供应安全。”Beste 表示。

凭借 60 多年的用于动物营养的必需氨基酸生产经验, 赢创能够开发出各种解决方案, 以满足 100 多个国家的客户不断变化的需求。目前, 赢创正在开发氨基酸之外的创新营养饲料添加剂解决方案, 为客户提供更高效的动物营养产品。(方圆)