# 高纯碳酸锶清洁生产国内外研究进展

刘建明[1]，段东平[2,3]，钟 莉[2]，韩宏亮[2]，周 娥[2]
（1. 河北联合大学冶金与能源学院，河北 唐山 063009；2. 中国科学院过程工程研究所，北京 100190；3. 中国科学院青海盐湖研究所，青海 西宁 810008）

摘 要：高纯碳酸锶是一种高附加价值的重要锶化合物，由于它具有独特的物理化学性能，因而被广泛应用于电子、化工、材料等领域。但高纯碳酸锶的生产仍存在环境污染严重、产品质量难以稳定控制、生产成本高等问题。综述了国内外高纯碳酸锶清洁生产工艺研究与应用进展，详细介绍了天青石碳还原法、天青石复分解法、粗碳酸锶酸溶碱析法、粗碳酸锶焙烧分解法、硝酸锶法、氯化锶法等高纯碳酸锶主要生产工艺的研究与应用进展，评述了各生产工艺产生的污染物的净化处理方法与技术改进，剖析了各工艺的优点和存在的问题。结合我国目前高纯碳酸锶的生产现状及与国外生产技术存在的差距，并对我国高纯碳酸锶生产技术的发展方向进行了展望。

关键词：天青石；高纯碳酸锶；清洁生产
中图分类号：TQ132.33 文献标识码：A 文章编号：1008－858X(2013)02－0066－07

## 引 言

碳酸锶为无臭、无味的白色粉末或颗粒，是一种极其重要的锶盐化合物，也是制备其它多种重要锶盐化合物的中间产品。由于它具有很强的X射线吸附功能以及其独特的物理化学性能，被广泛应用于彩色显像管玻壳、阴极射线管、电子陶瓷、磁性材料、燃料、油漆等工业用品的制造，涉及到电子、化工、军工、建材、有色金属、航空航天、轻工、医药、食品等十多个行业[1－2]，尤其是高附加价值的高纯碳酸锶产品，具有更好的应用前景和市场需求。

我国拥有丰富的锶矿资源优势，加之发达国家的碳酸锶生产有意向发展中国家转移的趋势，我国的碳酸锶行业面临前所未有的机遇。近年来，随着科技的进步，我国碳酸锶以及高纯碳酸锶的需求量亦逐年递增。然而，我国在碳酸锶的深加工技术方面与发达国家仍存在较大差距，国内只有少数企业可以生产出电子元件用高纯碳酸锶，并缺乏相应的高纯碳酸锶的检测标准。在我国电子行业需求的碳酸锶量以每年15%增长的情况下，高纯碳酸锶大部分只能依赖进口，出口的工业碳酸锶在国外经过深加工后又以高额的价格返销回我国，这也间接限制了我国电子行业的发展。因而，我国高纯碳酸锶产品的深加工技术相对落后、生产环境污染严重、产品过度依赖进口的问题亟待解决。

## 1 我国碳酸锶的市场供求状况

随着科技的进步、大屏幕电视的普及和电子行业的迅猛发展，电子产品、集成电路和电容器的小型化，这些产品都需要纯度为99.9%以上的碳酸锶作为原料[3－4]，目前我国碳酸锶的年生产力基本维持在$1.7\times10^5$ t左右，并且以每年约5%的速度增长，碳酸锶市场出现供不应求的状况。

收稿日期：2013－01－25
作者简介：刘建明(1988－)，男，硕士研究生，主要研究方向为冶金工程。E－mail：j457134416@126.com。
通信作者：段东平。E－mail：dongping_duan@263.net。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2008 年以来，重庆地区的碳酸锶的生产力由于受到环保的制约，由先前的 $3.0\times10^5$ t/a 降到现在的不足 $1.0\times10^5$ t/a，近几年维持在每年 $6.0\times10^4$ t 左右。2011 年我国碳酸锶企业的设计生产能力达 $3.51\times10^5$ t/a，由于环保压力及技术原因，实际年产量仅 $1.73\times10^5$ t[5]。由以上数据看出，日益严峻的环保形势已经成为限制我国碳酸锶工业的重要因素之一。

目前我国大部分碳酸锶生产工艺都采用碳还原法，存在严重的环境污染问题，生产过程中产生的废气、废液和废渣等对生态环境破坏严重; 而锶本身也是一种有毒金属，在水体中不会自行净化，对动植物具有致死作用。因此，对含锶废弃物的治理不容忽视，高纯碳酸锶清洁生产工业化道路的实施已经迫在眉睫。

## 2　高纯碳酸锶清洁生产研究进展

高纯碳酸锶的生产方法主要有天青石碳还原法、天青石复分解法以及以粗碳酸锶为原料的酸溶碱析法、焙烧法、硝酸锶法、氯化锶法、醋酸锶法等。

### 2.1　天青石碳还原法

天青石碳还原法制备高纯碳酸锶传统工艺天青石矿粉与煤粉、添加剂混合物在高温条件下(1 000℃以上) 发生氧化还原反应，由于还原组分煤富余，天青石还原反应平衡气相中不含二氧化碳，还原反应总方程式如下:

$$SrSO_4+4C\longrightarrow SrS+4CO。\quad(1)$$

生成熟料(主要成分为 SrS)，经浸取、结晶、重结晶后，将滤液用 $CO_2$、$Na_2CO_3$ 或 $NH_4HCO_3$ 沉淀为 $SrCO_3$，反应同时生成大量副产物 $H_2S$ 和 $NH_4HS$[6-7]。以下为基本反应原理:

$$3SrS+4H_2O\longrightarrow 2Sr(OH)_2+H_2S\uparrow+Sr(HS)_2,\quad(2)$$

$$Sr(OH)_2+CO_3^{2-}\longrightarrow SrCO_3+2OH^-。\quad(3)$$

该工艺的优点是工艺路线比较成熟，工艺过程、设备比较简单，生产出的产品质量较为稳定，经济效益好。缺点是该工艺生产过程中会产生大量的氨气、硫化氢气体，对生产场所及周边环境造成严重污染。同时，当使用 $CO_2$ 做催化剂时生成的碳酸锶纯度较高，但反应缓慢，收得率也较低; 当使用 $Na_2CO_3$ 作为碳化剂时，碳酸锶虽然收得率高，但纯度低，产品中的硫含量也较高，产品纯度达不到要求。SrS 在浸取时生成可溶性的 $Sr(HS)_2$，降低了碳酸锶的收得率[8]，且反应过程大多数在碱条件下进行，对设备金属容器及管道有很强的腐蚀性。为适应清洁生产的要求，对碳还原法产生的污染物的净化做出以下改进[9]，如图 1。

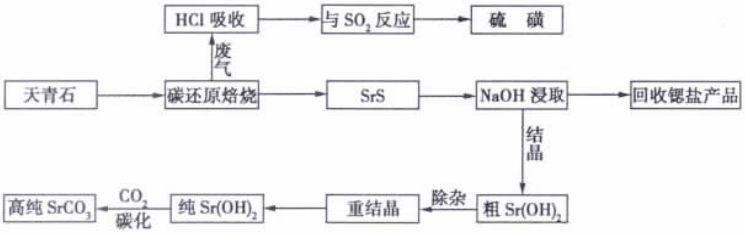


**图 1　改进后的天青石碳还原法生产高纯碳酸锶的工艺流程图**

**Fig. 1**　Technique flowcharts of improved celestite's reduction method to produce high purity strontium carbonate

碳还原法中生成的主要污染物有含 $H_2S$、氨气、烟气的废气，有含铵、含硫的废水，以及煤渣、矿渣、浸渣等废渣。对于反应放出的废气，可以先用酸吸收，然后用二氧化硫与硫化氢反应，生成氯化铵和硫磺作为副产品[10]。另外，可以将逸出的硫化氢和空气通入到硝酸铁溶液中，硫化氢被氧化成硫磺，硝酸铁溶液可以继续使用。该方法工艺流程及条件简单，生成的硫磺经济效益好，且硝酸铁溶液可以循环使用[11]。

对于含硫、含铵废水，如果直接排放会和自然水体中的铁离子、镁离子、锰离子、铅离子等形成硫化物(黑色沉淀)，同时生成硫化氢气体和氨气。对于废水中的多硫化物，一般采用

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

NaOH 析出氨气后经过多次的蒸发制得硫化钠副产品。但此方法由于废液量大、蒸发耗热量太大、处理成本高，不易实施，一般工厂仍将废水直接排放。

对于生产过程中产生的废渣，在天青石碳化还原过程中，一部分没有完全还原的天青石在之后的工艺中转化成不溶于水的碳酸锶、硅酸锶、铝酸锶等锶盐，沉积于矿渣中，可用 HCl、$NH_4NO_3$ 等浸取余下的浸渣和矿渣，回收得到的氯化锶和硝酸锶溶液可以返回主流程或直接作为中间原料生产氯化锶或硝酸锶晶体[12-13]；锶废渣还可以作为铺路中骨架及填充材料或生产水泥的原材料使用[14]。

## 2.2 天青石复分解法

由于天青石碳还原法生产工艺存在严重的环境污染、高纯碳酸锶产品收得率低等问题，人们提出了天青石复分解法来取代碳还原法。

天青石的复分解原理是利用 $SrSO_4$ 的溶度积（$K_{SrSO_4} = 3.2 \times 10^{-7}$）与 $SrCO_3$ 的溶度积（$K_{SrCO_3} = 1.1 \times 10^{-10}$）的差别，根据同浓度积的基本原理，天青石可与 $NH_4HCO_3$ 和 $NH_3 \cdot H_2O$ 反应形成粗碳酸锶（在催化剂 $NH_4Cl$ 和 $BaSO_4$、反应抑制剂 $(NH_4)_2SO_4$ 的作用下），再将粗制碳酸锶通过 HCl 或 $HNO_3$ 溶解除杂后，用碳酸钠或碳酸铵沉淀，过滤烘干得到高纯碳酸锶产品[15-16]。其中化学反应方程式如下：

$$SrSO_4 + 2NH_4HCO_3 \longrightarrow SrCO_3 \downarrow + (NH_4)_2SO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow 。 \quad (4)$$

目前，天青石复分解法生产高纯碳酸锶基本符合清洁生产的要求，但也存在一些缺点，比如说产品的纯度不够、废水处理困难、副产品基本没有经济价值等问题。为此，科技工作者对天青石复分解法做出了一系列改进。

首先，将天青石矿粉加入混酸后搅拌均匀，反应停止过滤，得到精制硫酸锶[17-18]。精制后的硫酸锶与 $NH_4HCO_3$ 水溶液、催化剂（$NH_4Cl$）充分混合反应数小时，制得粗碳酸锶，此时碳酸锶的收得率达 95% 以上。然后用 HCl 溶解生成的粗制碳酸锶得到 $SrCl_2$ 溶液，以硫酸铵除钡，稀氨水中和除铁、铝，用稀碱液沉淀钙、镁等，可将锶盐中的杂质最大限度地除去，之后加入纯碳酸氢铵溶液反应生成高纯碳酸锶及副产品氯化铵[18-19]，其生产工艺如图 2。

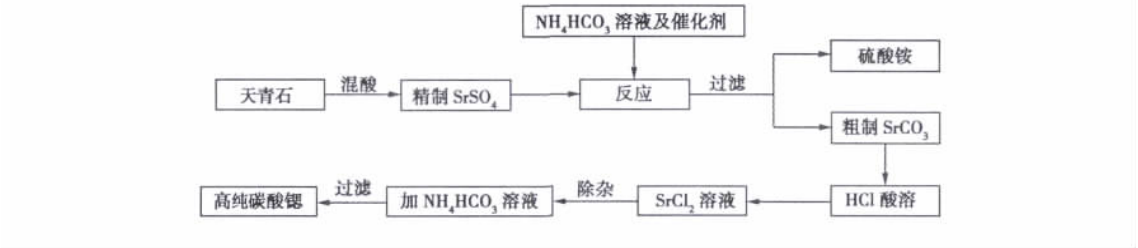


**图 2 改进后天青石复分解法生产高纯碳酸锶工艺流程图**

**Fig. 2** Technique flowcharts of improved celestite's double decomposition method to produce high purity strontium carbonate

该工艺生成的污染物只有含硫酸铵和氯化铵废水以及制备粗制碳酸锶剩下的矿渣；硫酸铵溶液经过蒸发浓缩后可加工成固体硫酸铵出售；氯化铵溶液经过适当的蒸发增浓，可以返回到之前的步骤充当反应催化剂；而矿渣经过干燥后可以作为制造水泥的添加剂，可以显著提高水泥品质。

天青石复分解法与碳还原法相比的优势在于，可以利用中－低品位的天青石矿（40% ~ 60%），矿石的转化率较高，反应温度较低，能耗小，对环境污染也较小。改用碳酸氢铵作碳化剂后工艺流程产生的废水有了回收价值，有效地减少了废水的排放。另外，先对天青石中的主要成分硫酸锶进行精制，减少了之后化工原料的使用以及废水的产生，降低了之后废水处理的难度；以碳酸氢铵代替碳酸钠，降低了原料成本，且生成的副产品硫酸铵的价值较高，使废水的回收成本相应降低，既降低了总生产成

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本，又减少了废水的排放; 生产工艺简单，产品符合高纯碳酸锶要求，基本无污染物产生，没有高温设备，使工作环境大大改善[18]。

该工艺存在的问题主要是反应过程较慢、工艺流程长且复杂，不易控制，添加 HCl、$Na_2CO_3$、$NH_4HCO_3$ 等消耗大量化工原料，除杂困难，导致造成了生产成本普遍偏高、产品纯度和质量不稳定等难题。该工艺要想实现工业化生产还需进一步研究、改进。

### 2.3　粗碳酸锶酸溶碱析法

将制备好的粗 $SrCO_3$ 用过量的盐酸或硝酸溶解，滤去不溶物后，加入 NaOH 中和调节 pH 值( ~14) 并加热至沸腾除 $Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$ 之后，冷却结晶析出 $Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 晶体，经多次重结晶、溶解工序而制备纯 $Sr(OH)_2$ 溶液，最后用 $CO_2$ 或 $NH_4HCO_3$ 碳酸化而制备成 $SrCO_3$。其碱析反应和碳酸化反应基本原理如下:

$$2NaOH + 8H_2O + Sr^{2+} \longrightarrow Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O \downarrow + 2Na^+, \quad (5)$$

$$Sr^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow SrCO_3 \downarrow, \quad (6)$$

其工艺流程如图 3。

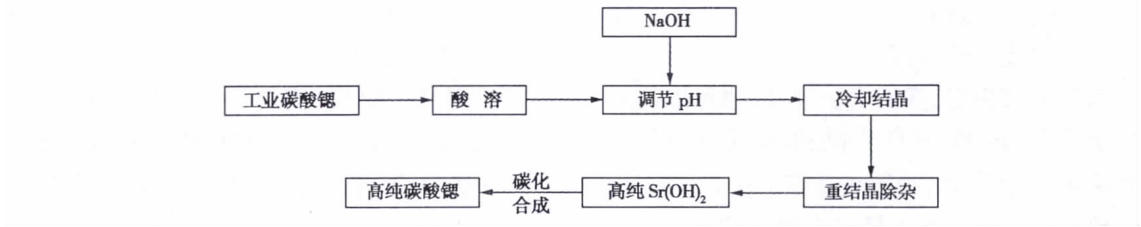


**图 3　粗碳酸锶酸溶碱析法制备高纯碳酸锶工艺流程图**

**Fig. 3**　Technique flowcharts of manufacturing high purity $SrCO_3$ by acid-dissolving and NaOH method

该工艺适合低钡天青石为原料生产的粗 $SrCO_3$，有工艺简单、生产操作过程易控制、产品纯度高( >99%) 、杂质离子易清洗、粒度分布窄且近似球形等优点，符合生产高档 PTC 电子元件原料及化学试剂纯的要求，整个过程近似闭路循环，基本无污染。其缺点是能耗大，生成的碳酸锶产品颗粒容易偏大，杂质尤其是 Cl 不易洗涤除去，导致产品纯度不达标。

### 2.4　粗碳酸锶焙烧法

该工艺将粗 $SrCO_3$ 在 1 250℃ 左右焙烧分解成 SrO，然后用热水浸取，母液结晶析出 $Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 晶体，再经过溶解、重结晶工艺除去杂质后获得纯 $Sr(OH)_2$，最后与焙烧工艺中产生的尾气反应制备高纯 $SrCO_3$[20]。此生产工艺过程的基本反应原理如下:

$$SrCO_3 \longrightarrow SrO + CO_2 \uparrow, \quad (7)$$

$$SrO + H_2O \longrightarrow Sr(OH)_2, \quad (8)$$

$$Sr(OH)_2 + CO_2 \uparrow \longrightarrow SrCO_3 \downarrow + H_2O, \quad (9)$$

其工艺流程如图 4。

该工艺的优点是 $SrCO_3$ 纯度高( >99.9%)，杂质离子易清洗，产品近似球形，不消耗其它化工原料，整个生产过程闭路循环，产品收得率高( >93%)，无有害排放物; 缺点是气 - 固 - 液多相反应结晶过程中高纯 $SrCO_3$ 产品形貌和粒度分布不稳定，不易控制。

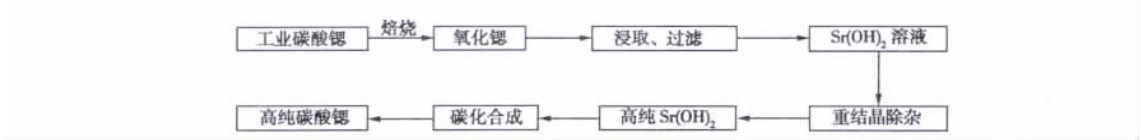


**图 4　粗碳酸锶焙烧法制备高纯碳酸锶工艺流程图**

**Fig. 4**　Technique flowcharts of roasting-leaching method to produce high purity strontium carbonate

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

### 2.5 其他方法

生产高纯碳酸锶的工艺还有硝酸锶法、氯化锶法、醋酸锶法。醋酸锶法工艺路线较长、产率低，且原料消耗及价格太高、生产成本高，因而此方法现在已基本不用。硝酸锶法或氯化锶法都是先将工业碳酸锶与硝酸或盐酸反应，然后将酸解后溶液经过除杂后，除去溶液中的 $Ba^{2+}$、$Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$、$Fe^{2+}$、$Pa^{2+}$ 等杂质离子，与碳酸氢铵碳化反应制备高纯碳酸锶。硝酸锶法及氯化锶法生产的碳酸锶产品的粒度也容易偏大，不符合 PTC 电子元件的要求。山东益达(氯化锶法)和无锡凯茂(氯化锶法或硝酸锶法)，通过改变 $SrCO_3$ 沉淀反应的条件，即提高碳酸锶的成核速度，降低生长速度，也可以得到粒径小于 1 μm 的 $SrCO_3$ 产品；亦可用气流粉碎的办法将产品 $SrCO_3$ 的粒径降至 1 μm 以下[8]，但仍然存在产品粒度不易稳定控制、能耗高、消耗大量化工原料以致生产成本高及环境污染问题。

文献调研表明，制备高纯碳酸锶的方法很多，以上所述方法仅是几种有代表性的方法。

目前，我国只有少数企业可以用粗碳酸锶焙烧法或酸溶碱析法生产出符合电子元件要求的高纯碳酸锶，但均存在产品的纯度和形貌不易稳定控制、环境污染等问题[8]，与发达国家仍存在较大差距。

## 3 国外高纯碳酸锶清洁生产应用现状

国外生产高纯碳酸锶的方法主要是通过直接转化法或者黑灰法(生产原理同碳还原法)，由天青石生产出粗碳酸锶，再由粗碳酸锶经焙烧法或者酸溶碱析法生产高纯碳酸锶产品。

直接转化法就是将天青石矿石酸洗除杂后加入碳酸钠或碳酸氢钠发生反应，直接转化为碳酸锶，再经除杂后得到高纯碳酸锶产品[16,21]。该流程的优点是工艺及设备简单，生产过程有少量的废水、废渣生成，基本可以实现清洁生产。但该工艺碳酸锶的收得率较低，产品所含杂质较多，需严格的除杂工艺。美国凯塞制铝化学公司于 20 世纪 70 年代开发了将直接转化法的产品碳酸锶进行高温焙烧分解的方法除杂，生产过程基本属于闭路循环，此法被称为“无污染”工艺，产品纯度较高，但能耗高、除杂困难、生产成本高[21]。

近年来，国外对高纯碳酸锶生产工艺的改进主要考虑提高锶收得率和环保方面的要求，具体有对天青石矿的预处理及反应过程的控制方面的改进。关于矿石的的除铁预处理方面，在黑灰法中铁在浸取时进入浸渣，容易被除去，但在直接转化法中除铁效果不好。因此，矿石的预处理包括机械过程除铁及化学处理过程，即先将天青石矿通过研磨机研磨至 50 μm 以下，通过磁力分离装置除去大部分含铁杂质；之后为了进一步减少杂质，加入混酸($H_2SO_4$、$HNO_3$)，对通过磁分离装置的矿粉进行酸洗[22-23]。国外学者对反应控制过程也进行一系列的改进，采用机械化学直接转化法生产高纯碳酸锶产品[24]。用 $(NH_4)_2CO_3$ 或 $NH_4HCO_3$ 取代 $Na_2CO_3$ 作为碳化剂，加入预处理后的天青石矿粉，在高能行星球磨机中反应，室温和常压条件下，生成产品 $SrCO_3$ 及副产品 $(NH_4)_2SO_4$。工艺流程图如图 5。

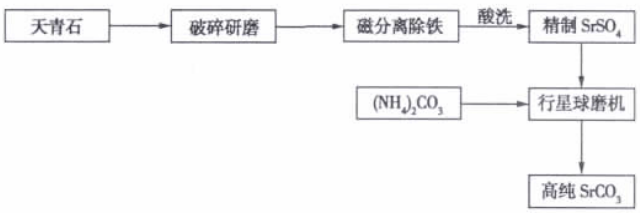


图 5 直接转化法制备高纯碳酸锶的改进工艺图

**Fig. 5** Technique flowcharts of improved direct conversion process to produce high purity strontium carbonate

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

此工艺的优点是，矿石的预处理可以除去大部分杂质，可以利用品位较低的天青石矿，碳酸锶的收得率较高; 反应在室温常压下进行，不需要高温加热设备，反应时间较短，降低了成本; 用机械能代替热能，改善了工作环境; 生产过程中不需要添加大量化工原料，减少了污染物的排放，对环境保护起到积极作用。该工艺的缺点是，产品纯度可以达到 99% 左右，但仍不能达到日本 TDK 电子用高纯碳酸锶标准，工艺过程还需要进一步优化。

## 4　我国高纯碳酸锶生产技术发展方向浅谈

综上所述，由天青石直接转化法生产高纯碳酸锶由于杂质含量较多并添加多种化工原料，不经提纯等工艺产品纯度很难达到要求，这就导致生产成本高，并且废水、废气排出对环境污染较大。天青石碳还原法( 黑灰法) 工艺成熟，但生产过程中排出大量含硫废水，严重污染环境; 同时锶的收得率低，造成资源浪费。天青石复分解法生产工艺复杂，消耗大量化工原料，造成生产成本偏高、除杂困难。由工业碳酸锶制备高纯碳酸锶基本杜绝了二次污染的产生，粗碳酸锶碱析法工艺近似闭路且产品符合化学试剂纯的要求，但是制备的碳酸锶颗粒较大，不符合 PTC 电子元件的要求，且生产过程消耗大量化工原料，生产成本较高。粗碳酸锶焙烧法工艺流程简单，在生产中不引入其它化工原料，成本较低，而且整个工艺流程闭路循环，无污染物质排放，在这些工艺流程中优势明显。因而，由天青石生产出粗碳酸锶，再经粗碳酸锶焙烧法生产高纯碳酸锶是最具工业发展前景的清洁生产工艺。

在当前国际提倡绿色化学与清洁生产、可持续发展的前提下，高纯碳酸锶生产领域在技术、工艺、设备等方面将向清洁、高效、综合利用资源的方向发展。我国碳酸锶行业产生的废气、废水、废渣对环境的危害十分严重，碳酸锶行业的环保形势依旧严峻，并且存在碳酸锶收率低、产品质量欠佳等问题，与国外发达国家仍存在较大差距。

国家应加强科研力量和资金投入，对我国的碳酸锶产品的深加工技术进行研究及改进，开发出先进的新工艺，突破高纯碳酸锶产品形貌难控、环境污染严重的技术瓶颈，实现清洁高效生产出符合高要求应用领域的高附加价值碳酸锶产品，将我国锶矿资源优势转化成技术优势，促进我国从碳酸锶初级产品出口大国和高纯碳酸锶进口大国向高纯碳酸锶生产强国迈进。

**参考文献:**


[1] 刘树信，王海滨，霍冀川，等. 超细碳酸钡和碳酸锶制备研究进展[J]. 无机盐工业，2007，39(8)：1－3.

[2] 陈英军. 我国碳酸锶工业现状及发展方向[J]. 非金属矿，2002，25(3)：5－7.

[3] 王树轩，黄宁. 高纯碳酸锶生产方法[J]. 陕西化工，1999，28(2)：7－9.

[4] 王俊卿. 青海省锶资源的开发与利用[J]. 无机盐工业，2004，36(1)：15－16.

[5] 杨玉梅，吴卫东，徐青. 中国碳酸锶工业现状与未来发展趋势[J]. 无机盐工业，2012，44(7)：1－2.

[6] Sonawane R S，Kale B B，Apte S K，*et al*. Effect of a catalyst on the kinetics of reduction of celestite ( $SrSO_4$) by active charcoal[J]. Metall. Mater. Trans. B: Process Metallurgy and Materials Processing Science，2000，31(1)：35.

[7] 陈雯，朱云，杨慧振. 还原－复分解法由天青石制备碳酸锶[J]. 有色金属，2000，53(2)：68.

[8] 朱盈权，曹建琳，张国刚，等. 国内外高纯碳酸锶理化特性的比较研究[J]. 电子元件与材料，2000，19(5)：29.

[9] Savenko A V. Solubility products of strontium carbonate and strontium sulfate in aqueous solution[J]. Zhurnal Neorganicheskoj Khimii，2001，46(7)：1227.

[10] 陈雯，朱云，杨慧振. 碳酸锶生产过程中含硫气体的处理[J]. 有色矿冶，1999(5)：35－38.

[11] 李玉龙，王树轩，李波，等. 碳酸锶酸浸废渣尾气的处理研究[J]. 无机盐工业，2012，44(10)：44－45.

[12] Savenko A V. Solubility of strontium carbonate and sulfate in Seawater[J]. Geokhimiya，2004，42(2)：222－233.

[13] 程忠俭，常玉普，王连毅. 高纯六水氯化锶的制备工艺研究[J]. 无机盐工业，2010，42(11)：46.

[14] 徐龙君，曲歌，赵庆，等. 锶尾矿和废渣的污染现状及资源化利用进展[J]. 资源环境与工程，2008，22(2)：221－224.

[15] Zhao Q. Preparation of high-purity strontium carbonate from low-grade celestite[J]. Journal for Exploration，Mining and Metallurgy，2003，56(6－7)：354－356.

[16] Castillejos A H E，de la Cruz del F P B，Uribe A S. The


(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

direct conversion of celestite to strontium carbonate in sodium carbonate aqueous media [J]. Hydrometallurgy, 1996, 40(1): 207.

[17] Demirkaya I S, Acma E. Leaching of turkish celestite and barite concentrates in sodium carbonate solution [J]. Truk. J. Eng. Environ. Sci., 1997, 21(3): 167 - 173.

[18] 刘祥丽，陈学玺. 碳酸锶生产方法及前景 [J]. 化工矿物与加工，2002，12: 27 - 29.

[19] 赵彬，徐莹，徐旺生. 湿法制备高纯超细碳酸锶的工艺研究 [J]. 无机盐工艺，2007，39(12): 28 - 30.

[20] 涂敏端，党亚固，周志文，等. 粗碳酸锶精制新工艺的研究 [J]. 四川大学学报，1999，3(5): 45.

[21] 刘牡丹，李光辉，董海刚，等. 中国碳酸锶工业的发展与现状 [J]. 无机盐工业，2006，38(1): 11.

[22] Dogan H, Koral M, Kocakusak S. Acid leaching of Turkish celestite concentrate [J]. Hydrometallurgy. 2004, 71(3 - 4): 379 - 383.

[23] Carrillo F R P, Uribe A S, Castillejos A H E. A laboratory study of the leaching of celestite in a Pachuca tank [J]. Miner. Eng. 1995, 8(4 - 5): 495 - 509.

[24] Bingöl D, Aydoğan S, Bozbaş S K. Optimization of the Wet Mechanochemical Process Conditions of $SrSO_4$ to $SrCO_3$ and $(NH_4)_2SO_4$ by Using Response Surface Methodology [J]. Metall. Mater. Trans. B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2012, 43(5): 1214 - 1219.

# Research Progress in Cleaner Production of High Purity Strontium Carbonate

LIU Jian-ming[1], DUAN Dong-ping[2,3], ZHONG Li[2], HAN Hong-liang[2], ZHOU E[2]

(1. *College of Metallurgy and Energy, Hebei United University, Tangshan*, 063009, *China*;
2. *Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing*, 100190, *China*;
3. *Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining*, 810008, *China*)

**Abstract:** High purity strontium carbonate is an important and high-value material. It has been widely applying in chemical, electronic and material field because of its outstanding properties. But there are still lots of difficulties in its production, such as the difficulties in controling the preparation process and product quality, the high cost, environmental pollution of the by-products, and so on. This paper focused on the research and application progress in cleaner production of high purity strontium carbonate all over the world. The main cleaner-production technologies for high purity strontium carbonate production such as celestite's reduction method, celestite's double decomposition method, acid-dissolving and NaOH method, roasting-leaching method, $Sr(NO_3)_2$ method, $SrCl_2$ method, etc., were comprehensively described. The technique improvements and pollutants-treatment methods of these technologies were commented as well. The advantages and disadvantages of all the mentioned processes are analyzed. The situation of the production technology of high purity strontium carbonate in China was compared with foreign countries, and the future develop of high purity strontium carbonate production in China was previewed.

**Key words:** Celestite; High Purity Strontium Carbonate; Cleaner Production

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net