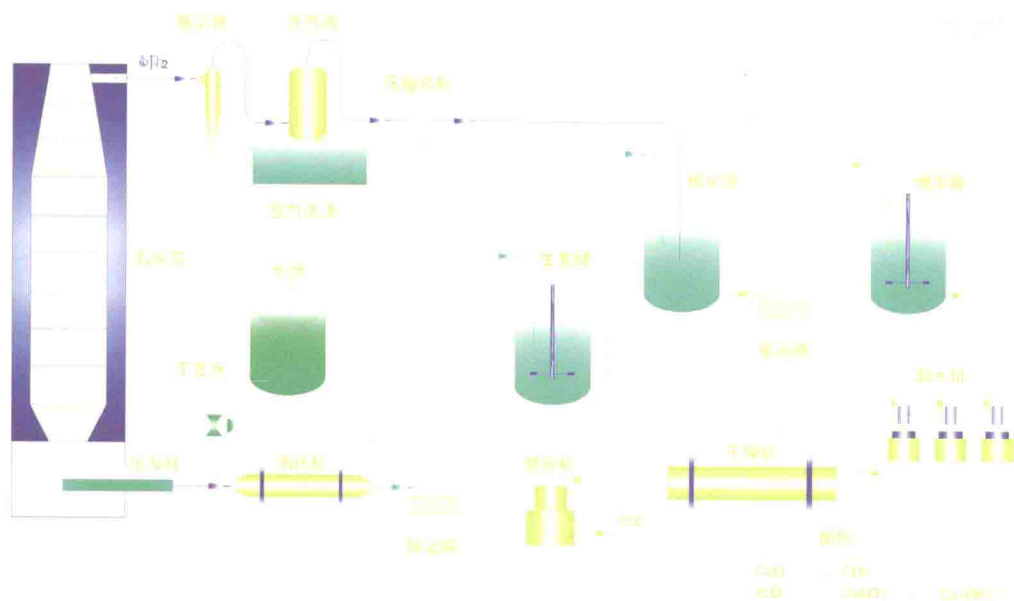


QINGZHI XILIE TANSUANGAI
GUANJIAN JISHU

轻质系列碳酸钙 关键技术

颜鑫 卢云峰 等著



化学工业出版社

轻质系列碳酸钙

关键技术

颜鑫 卢云峰 等著



化学工业出版社

·北京·

本书以纳米碳酸钙的生产过程为主线，以普通沉淀碳酸钙和活性沉淀碳酸钙的生产过程为辅线，以普通工业沉淀碳酸钙化工行业标准为指南，从生产角度阐述了轻质系列碳酸钙原料生产、生石灰生产、石灰乳生产、干法氢氧化钙生产、碳酸钙晶形控制、粒径大小控制、产品增白技术、沉降体积控制技术、游离碱控制技术、碳化与表面改性、脱水和干燥等生产过程的关键技术，以及大型碳酸钙生产企业资源综合利用和废水梯级循环利用关键技术、高浓度 CO₂ 生产纳米碳酸钙关键技术等。系统介绍了纳米碳酸钙生产过程的主要设备与自动控制技术。

本书可供碳酸钙生产企业的工程技术人员、分析检验人员、大专院校和科研院所的研究人员阅读，也可供轻质系列碳酸钙用户参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

轻质系列碳酸钙关键技术/颜鑫等著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 5

ISBN 978-7-122-26688-0

I. ①轻… II. ①颜… III. ①纳米技术-应用-碳酸钙-化工生产-研究 IV. ①TQ127.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 066086 号

责任编辑: 王湘民

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 宋 玮

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市胜利装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 25¼ 字数 486 千字 2016 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2016—7 号

· 前 言 ·

轻质（纳米）碳酸钙始于碳酸钙又终于碳酸钙，无化学结构变化，理论上不会对生态造成人为的改变，符合当今世界产业发展重视环保的新潮流，因此，碳酸钙产业在 21 世纪是可持续发展的“朝阳产业”。《纳米碳酸钙关键技术》自 2007 年 8 月正式出版，其间升级版《轻质及纳米碳酸钙关键技术》于 2012 年 1 月出版。虽然只时过三年，但升级版内容已完全不能适应目前行业现状及发展的需要，有必要在此基础上删改增补、整合章节、推陈出新，故决定在前两版基础上扩充内容、修订再版。再版在内容上已经覆盖了普通轻质碳酸钙、改性轻质碳酸钙和纳米碳酸钙，其实这三种产品都属于轻质碳酸钙范畴，故本书取名为《轻质系列碳酸钙关键技术》。

1993 年笔者在湖南省资江氮肥厂原副总工程师、高级工程师熊勋民的引领下，步入了轻质（纳米）碳酸钙生产技术研究的殿堂。20 多年来，在轻质（纳米）碳酸钙系列产品生产技术方面不断探索、提炼升华。在《现代化工》、《化工新型材料》、《无机盐工业》、《纸和造纸》、《非金属矿》、《中国粉体技术》、《化学世界》、《工业水处理》、《轻金属》等专业核心刊物上共发表碳酸钙相关论文四十多篇，在化学工业出版社出版著作四部，申报发明专利三项（请见参考文献），可谓二十年磨一剑。在碳酸钙行业首次提出了“四膜模型”、“超细碳酸钙的碳化反应机理”、“三级连续加压鼓泡碳化新工艺”、“波美度与质量浓度的新关系”、“高档卷烟纸专用 PCC 生产系列技术”等新概念；首次系统提出了“氮肥厂联产超细碳酸钙新工艺”、“联产超细碳酸钙的尿素合成新工艺”、“小氮肥企业联产轻质碳酸钙新工艺”、“电石渣联产纳米碳酸钙新工艺”、“联碱厂联产纳米碳酸钙的四联产绿色新工艺”、“硝酸厂联产纳米碳酸钙和甲醇的三联产绿色新工艺”、“纸厂锅炉尾气联产造纸专用 PCC 新工艺”、“卤水净化工艺回收 PCC 新工艺”等系列联合生产新工艺，几乎凭一己之力开拓和丰富了轻质（纳米）碳酸钙联产新工艺。笔者于 2008 年晋升教授，2012 年晋升三级教授，主要得益于在碳酸钙领域的系列研究成果。

在校企合作、产学研结合方面，相继为湖南桃江矿山化工有限公司、湖北省武穴市长江矿业有限责任公司、广东连州市裕丰钙业科技有限公司、广东连州市伟信硅灰石有限公司、河北省石家庄科林威尔环保科技有限公司、黑龙江省牡丹江恒都钙品有限公司、重庆市坤堡钙业有限公司、四川金顶集团、Milliken Chemical 等国内外碳酸钙生产企业、装备企业提供了技术服务或技术咨询工作，对轻质碳酸钙、高档卷烟纸专用 PCC、纳米碳酸钙表面改性生产技术、干法氢氧化钙、针状硅灰石晶体复合改性等方面进行了广泛深入的研究。2009 年 8 月，作为项目总负责人与广东连州市伟信硅灰石有限公司合作，成功申报了广东省-教育部产学研结合项目《纳米碳酸钙包覆针状纤维硅灰石复合材料制备新技术》(2009B090300154)；2013 年主持编撰了湖北省武穴市长江矿业有限责任公司《1000kt 系列钙产品及资源综合利用可行性研究报告》，2014 年与湖南桃江矿山化工有限公司和石家庄科林威尔环保科技有限公司合作成功申报湖南省科技计划专项课题《纳米碳酸钙生产关键技术与装备》(2014GK4010)。2013 年主要参与湖南省科技厅项目《膜生物反应器生产柠檬酸钙新工艺研究》(2013FJ3069)。2014 年主要参与湖南省教育厅科技项目《纳米碳酸钙常温湿法改性技术》(14C0386)。这些校企合作、横向研究项目的成果都增补进入了再版内容，使本书在轻质(纳米)碳酸钙新产品的开发与应用领域拓展方面更上一层楼。

2007 年在上海碳酸钙年会上正式结识了现石家庄科林威尔环保科技有限公司总经理卢云峰，两人相见恨晚、亦师亦友，从此开始长期的技术合作关系。该公司多年来致力于钙化工系列产品的工程设计，致力于石灰立窑、消化机、干燥机等轻钙关键设备的设计与生产，在行业内享有良好的声誉，但素来表现低调，这是特邀卢云峰加盟著述第 3 章的主要原由。另外，邀请湖南化工职业技术学院阳铁建老师参与了第 8 章和第 9 章的撰写工作。

三十多年来，我国碳酸钙行业的发展可以说是日新月异，其生产能力和实际产量增长速率要明显高于同期国民经济的平均增速。2014 年我国轻钙生产企业已达 510 多家，实际轻钙总产量约达 10000kt。未来几年我国轻质碳酸钙的需求量年均增长 10% 左右，一些大型钙化工项目正在筹划建设之中，如四川金顶集团、湖北省武穴市长江矿业有限责任公司 1000kt/a 系列钙项目等。随着我国轻质碳酸钙产品规模扩大、质量提高、成本降低，国产轻钙的市场竞争力将不断得到提高，目前我国已经成为轻质碳酸钙数量上的出口大国。

创新是企业永恒的灵魂，创新是企业长久立于不败之地的不懈动力。目前我国经济发展已经由高速增长转型到了中低速增长的“新常态”，新设备、新技术的不断涌现，使碳酸钙行业已经进入了创新驱动、提质增效、打造行业升

级版的“新常态”。

2003年以来，笔者几乎每年都参加了碳酸钙行业年会，不少碳酸钙行业前辈、企业专家和工程技术人员为本书提供了很多很好的建议，特别参考了近三年来碳酸钙年会论文集上的研究成果，在此顺致谢意。

由于笔者学术水平有限，实践经验不足，加之时间紧迫，不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

笔者联系方式：hnhgyanxin@126.com

颜 鑫

2016.3 于湖南株洲

· 目 录 ·

1	轻质碳酸钙工业概述	1
1.1	轻质碳酸钙工业历史和现状.....	1
1.1.1	世界轻质碳酸钙工业的发展历史和现状.....	1
1.1.2	中国轻质碳酸钙工业的发展历史和现状.....	3
1.1.3	中国纳米碳酸钙工业的发展历史和现状.....	6
1.2	碳酸钙的分类及其鉴别方法.....	8
1.2.1	碳酸钙工业的分类.....	8
1.2.2	按照是否进行表面处理分类.....	9
1.2.3	按其专门的用途分类.....	9
1.2.4	按照轻质碳酸钙的不同晶形和形貌分类.....	10
1.2.5	按粒径进行分类.....	15
1.3	轻质碳酸钙的主要技术指标.....	15
1.3.1	普通轻钙、活性轻钙、专用纳米钙的主要质量控制指标比较.....	15
1.3.2	轻质碳酸钙的主要技术指标分析比较.....	16
1.4	纳米碳酸钙与普通轻钙和活性轻钙的工艺比较.....	20
1.4.1	工艺流程图的比较.....	20
1.4.2	工艺条件的比较.....	24
1.4.3	纳米碳酸钙与普通轻钙的性能比较.....	25
1.5	轻质碳酸钙产品的物化性质.....	26
1.5.1	轻质碳酸钙产品的物理性质.....	26
1.5.2	轻质碳酸钙产品的主要化学性质.....	27
1.6	纳米碳酸钙产品的主要纳米特性.....	29
1.6.1	量子尺寸效应及其主要表现.....	30
1.6.2	表面效应的主要表现.....	31
1.6.3	小尺寸效应的主要表现.....	32

1.6.4	宏观量子隧道效应的主要表现	35
2	轻质(纳米)碳酸钙的关键生产技术	36
2.1	轻质(纳米)碳酸钙产品对生产原料的关键要求	36
2.1.1	对石灰石的关键要求	36
2.1.2	轻质(纳米)碳酸钙生产对燃料的关键要求	39
2.1.3	轻质(纳米)碳酸钙对生石灰的关键要求	42
2.1.4	轻质(纳米)碳酸钙对碳化气的关键要求	42
2.1.5	轻质(纳米)碳酸钙对工艺用水的关键要求	43
2.2	轻质(纳米)碳酸钙对生石灰生产的关键技术	44
2.2.1	石灰石的块度与煅烧时间、温度的关系	44
2.2.2	石灰石煅烧速率与温度关系	45
2.2.3	对固体燃料块度的要求	47
2.2.4	石灰石煅烧与风量的关系	47
2.2.5	轻烧石灰与过烧石灰	49
2.2.6	石灰窑的热效率与燃料配比	50
2.2.7	自动上料石灰窑的自动控制系统	50
2.2.8	石灰活性与原生碳酸钙的关系	51
2.2.9	石灰石煅烧质量控制关键技术	51
2.2.10	石灰立窑的操作规程	52
2.2.11	石灰立窑常见故障及其处理技术	54
2.3	消化的关键技术	55
2.3.1	石灰消化的基本原理与工艺流程	55
2.3.2	石灰乳制备及精制的核心技术	56
2.3.3	石灰乳波美度与质量百分浓度的关系	57
2.3.4	熟浆波美度与质量百分浓度的关系	59
2.3.5	消化过程工艺条件的优化	59
2.3.6	精浆陈化的核心技术	62
2.3.7	干法氢氧化钙生产的核心技术	63
2.4	碳化过程的核心技术	64
2.4.1	结晶导向的核心技术	64
2.4.2	分散的核心技术	67
2.4.3	碳化过程质量控制的核心技术	69
2.4.4	碳化工艺控制的核心技术	74
2.4.5	熟浆陈化的核心技术	78
2.5	表面改性的核心技术	79

2.5.1	表面活化改性的必要性	79
2.5.2	碳酸钙分子的结构模型	80
2.5.3	活性碳酸钙的结构模型示意图	81
2.5.4	活化机理探讨	84
2.5.5	常用的表面活性剂和改性方法	85
2.5.6	表面活性剂的选择原则	93
2.5.7	碳酸钙的表面处理工艺	95
2.5.8	纳米碳酸钙表面改性新技术	101
2.5.9	国内表面活化改性技术的现状及存在问题	104
2.5.10	我国纳米碳酸钙表面改性技术的发展方向	106
2.6	脱水与干燥关键技术	108
2.6.1	纳米碳酸钙脱水关键技术	108
2.6.2	纳米碳酸钙干燥关键技术	108
2.7	轻质(纳米)碳酸钙生产过程常见质量问题及处理 关键技术	119
2.7.1	浆液(熟浆)质量百分浓度与波美度的关系处理 不当	119
2.7.2	轻质碳酸钙生产碱度偏高的原因及控制措施	121
2.7.3	PCC白度控制及化学增白关键技术	123
2.7.4	轻钙生产过程降镁关键技术	124
2.7.5	沉降体积大小的控制关键技术	125
2.7.6	粒度大小控制技术	126
2.8	大型碳酸钙企业资源综合利用共性与关键技术	127
2.8.1	钙化工系列产品的金字塔规划	127
2.8.2	大型碳酸钙矿山资源综合利用核心工艺	128
2.8.3	石灰煅烧燃料选择与原煤处理核心工艺流程	132
2.8.4	大型碳酸钙企业废水梯级循环利用及零排放新 工艺	133
2.9	高浓度CO ₂ 生产纳米碳酸钙的关键技术	138
2.9.1	高浓度CO ₂ 生产纳米碳酸钙的有利条件分析	138
2.9.2	高浓度二氧化碳联产纳米碳酸钙的工艺流程	142
2.9.3	高浓度CO ₂ 生产纳米碳酸钙的生产技术特点	142
2.10	纳米碳酸钙、普通轻钙、砖胚联合生产绿色 工艺	143
2.10.1	纳米碳酸钙生产过程中的三废数量	144
2.10.2	纳米碳酸钙、普通轻钙、砖胚联合生产绿色	

3 生产轻质（纳米）碳酸钙的主要设备 149

3.1 石灰石原料准备工段的主要设备	149
3.1.1 石灰石原料的特点	149
3.1.2 石灰石的矿石开采	149
3.1.3 石灰石选矿与加工的生产流程	150
3.1.4 选矿与加工设备	151
3.2 石灰窑及其附属设备	154
3.2.1 石灰窑的选择	154
3.2.2 主要附属设备	156
3.2.3 窑气净化系统工艺及主要设备	157
3.2.4 直线振动筛	160
3.2.5 THG 型高效斗式提升机	161
3.3 消化机的选择	161
3.3.1 轻质（纳米）碳酸钙生产对消化机的基本 要求	162
3.3.2 箱式消化机的结构特点	162
3.3.3 回转式后排消化机	163
3.3.4 消化机的自动控制	164
3.4 浆液精制设备	166
3.4.1 初级分离设备	166
3.4.2 多级旋液分离器	167
3.5 鼓泡碳化塔及窑气压缩设备的选择	168
3.5.1 鼓泡碳化塔的选择	168
3.5.2 空压机和罗茨鼓风机的选择	169
3.5.3 制冷机的选择	170
3.6 增浓脱水及设备的选择	172
3.6.1 斜板增浓器	172
3.6.2 固液分离设备	173
3.7 干燥设备的选择	176
3.7.1 轻钙专用导热油加热滚筒连续干燥机	176
3.7.2 盘式连续干燥器	179
3.7.3 旋转闪蒸干燥器	180
3.7.4 链（带）式干燥器	181
3.7.5 桨叶式干燥机	182

3.7.6	LXG 型螺旋输送机	183
3.8	干法改性设备	183
3.8.1	CM 型连续式粉体复合改性机的结构特点	184
3.8.2	CM 型连续式粉体复合改性机的特点	184
3.8.3	CM 型连续式粉体复合改性机的工作原理	184
3.9	解聚筛分及包装设备	186
3.9.1	QS-160 型气流筛分机	186
3.9.2	自动定量包装机的工作原理	187

4 三级连续加压鼓泡碳化新工艺 **189**

4.1	三级连续加压鼓泡碳化法的局部流程、说明及其分析	189
4.1.1	工艺流程说明	189
4.1.2	工艺流程特点分析	190
4.1.3	三级连续鼓泡碳化新工艺的优势与不足	194
4.2	三级连续加压鼓泡碳化法的理论基础	195
4.2.1	碳化反应是气-液-固 $[\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})]$ -固 $[\text{CaCO}_3(\text{s})]$ 四相反应体系	195
4.2.2	连续鼓泡碳化塔为拟平推流反应器	195
4.2.3	碳化过程的化学反应机理	196
4.2.4	碳化过程的传质模型——四膜模型	199
4.3	连续鼓泡碳化法的工艺流程	205
4.4	碳化反应过程工艺条件分析	205
4.4.1	碳化反应温度对产品晶形和粒径的影响	205
4.4.2	浆液浓度对产品晶形和粒径的影响	206
4.4.3	CO_2 气体的浓度对产品晶形和粒径的影响	208
4.4.4	碳化气体流量对产品平均粒径和反应时间的影响	209
4.4.5	晶形导向剂的加入时间对碳酸钙晶形和粒径的影响	209
4.4.6	搅拌速度对碳酸钙晶形和粒径大小的影响	211
4.5	连续鼓泡碳化过程物料衡算	212
4.5.1	消化过程的物料衡算	212
4.5.2	石灰乳的配制	213
4.5.3	碳化过程的物料衡算	213
4.5.4	活性剂的物料衡算	214
4.5.5	碳化后处理工序的物料衡算	214

4.5.6	主要物料衡算表	215
4.6	连续鼓泡碳化新工艺的热量衡算	215
4.6.1	连续消化机的热量衡算	215
4.6.2	副产蒸汽的连续消化罐的热量衡算	216
4.6.3	碳化塔的热量衡算	218
4.6.4	带式串闪蒸二级干燥系统的热量衡算	219

5 轻质（纳米）碳酸钙联合生产新工艺 222

5.1	中小型氮肥厂联产轻质（纳米）碳酸钙关键技术	222
5.1.1	中型氮肥厂联产轻质（纳米）碳酸钙可行性分析	222
5.1.2	中型氮肥厂联产轻质（纳米）碳酸钙碳化过程的化学反应机理及分析	223
5.1.3	碳化过程的终点判断	224
5.1.4	尿素生产过程的未反应气对碳化反应速率和产品质量的影响	225
5.1.5	中型氮肥厂联产纳米碳酸钙的新工艺流程及流程分析	225
5.1.6	小氮肥厂联产轻质碳酸钙新工艺	228
5.1.7	氮肥厂联产纳米碳酸钙的应用前景	231
5.2	电石渣联产轻质（纳米）碳酸钙的关键技术	231
5.2.1	电石渣的应用研究综述	232
5.2.2	用电石渣制备轻质（纳米）碳酸钙的基本原理	233
5.2.3	电石渣联产轻质（纳米）碳酸钙工艺流程	234
5.2.4	电石渣生产轻质（纳米）碳酸钙工艺流程	235
5.2.5	电石渣联产轻质（纳米）碳酸钙的应用前景	236
5.3	硝酸厂联产轻质（纳米）碳酸钙关键技术	236
5.3.1	硝酸厂联产轻质（纳米）碳酸钙的可行性和有利条件	236
5.3.2	“三联产绿色新工艺”流程	238
5.3.3	硝酸厂联产纳米碳酸钙的效益分析	239
5.4	纯碱厂联产轻质（纳米）碳酸钙	241
5.4.1	联碱厂联产轻质（纳米）碳酸钙的可行性与优势	242
5.4.2	“四联产绿色新工艺”流程与特点	242

5.4.3	“四联产绿色工艺”的效益分析	244
5.5	纸厂锅炉尾气联产造纸专用 PCC 新工艺	246
5.5.1	纸厂锅炉尾气联产造纸专用 PCC 新工艺	246
5.5.2	纸厂锅炉尾气联产造纸专用 PCC 关键技术	247
5.5.3	纸厂锅炉尾气联产造纸专用 PCC 新工艺经济效益分析	248
5.6	高档卷烟纸专用 PCC 生产关键技术	249
5.6.1	高档卷烟纸专用 PCC 平均粒径及粒度分布控制技术	250
5.6.2	高档卷烟纸专用 PCC 的沉降体积控制技术	252
5.6.3	游离碱控制技术	256
5.7	卤水净化工艺中 PCC 回收质量控制关键技术	256
5.7.1	目前石灰-烟道气卤水净化工艺的缺陷	257
5.7.2	卤水净化工艺中 PCC 回收质量控制关键技术	257

6 轻质（纳米）碳酸钙生产过程检验与分析关键技术 261

6.1	初级原料检验与分析关键技术	261
6.1.1	石灰石分析关键技术	261
6.1.2	煤焦分析关键技术	265
6.1.3	水分析关键技术	268
6.2	二级原料检验与分析关键技术	274
6.2.1	生石灰质量检验与分析关键技术	274
6.2.2	碳化气各组分检验与分析关键技术	274
6.3	中间产品检验与分析关键技术	284
6.3.1	石灰乳检验与分析关键技术	284
6.3.2	碳化过程中碳酸钙悬乳液碳化度的测定	286
6.3.3	碳酸钙滤饼及干燥过程中水分的测定	286
6.4	纳米碳酸钙产品质量的检验与分析关键技术	287
6.4.1	纳米碳酸钙产品质量的国家标准	287
6.4.2	纳米碳酸钙产品应用性能指标的检验与分析关键技术	287
6.5	分析检验仪器一览	292

7 轻质（纳米）碳酸钙应用关键技术 293

7.1	轻质（纳米）碳酸钙在塑料工业中应用的关键
-----	----------------------

技术	293
7.1.1 轻质(纳米)碳酸钙填料在塑料中的重要作用	293
7.1.2 轻质(纳米)碳酸钙在塑料中填充的关键技术	295
7.1.3 塑料母料关键技术	296
7.1.4 轻质(纳米)碳酸钙在塑料工业中应用的前景	299
7.2 轻质(纳米)碳酸钙填充在橡胶制品中的关键技术	300
7.2.1 轻质(纳米)碳酸钙在橡胶中的填充作用	300
7.2.2 轻质(纳米)碳酸钙在橡胶中填充的关键技术	300
7.2.3 轻质(纳米)碳酸钙在橡胶工业中的应用前景	301
7.3 轻质(纳米)碳酸钙在胶黏剂、密封胶工业中应用的关键技术	301
7.3.1 轻质(纳米)碳酸钙用在胶黏剂、密封胶中的作用	301
7.3.2 胶黏剂、密封胶中对纳米碳酸钙的几个关键技术要求	302
7.3.3 轻质(纳米)碳酸钙在胶黏剂、密封胶工业中应用的前景	303
7.4 轻质(纳米)碳酸钙在涂料工业中应用的关键技术	304
7.4.1 轻质(纳米)碳酸钙填充在涂料中的作用	304
7.4.2 轻质(纳米)碳酸钙在涂料工业中应用的关键技术	304
7.4.3 轻质(纳米)碳酸钙在涂料工业中应用的前景	305
7.5 轻质(纳米)碳酸钙在造纸工业中应用的关键技术	305
7.5.1 轻质(纳米)碳酸钙在纸张中的重要作用	305
7.5.2 轻质(纳米)碳酸钙在造纸工业应用的关键技术	306
7.5.3 轻质(纳米)碳酸钙在造纸工业的应用	

前景	309
7.5.4 风头正劲的“石头纸”生产技术	310
7.6 纳米碳酸钙在油墨工业中应用的关键技术	314
7.6.1 纳米碳酸钙在油墨工业中的重要作用	314
7.6.2 油墨工业对纳米碳酸钙的个性化要求	314
7.6.3 影响纳米碳酸钙在油墨中应用的关键技术	315
7.6.4 纳米碳酸钙在油墨工业中的应用前景	316
7.7 轻质(纳米)碳酸钙在保健食品、饲料工业、 医药工业与日化应用的关键技术	316
7.8 在针状硅灰石晶体表面纳米修饰应用的技术	317
7.8.1 硅灰石针状纤维表面纳米化修饰及改性工艺 流程	318
7.8.2 产品性能测试	319
7.8.3 硅灰石针状纤维表面纳米化修饰及改性产品 应用的前景	326

8 纳米碳酸钙安全生产与环境保护关键技术 327

8.1 纳米碳酸钙安全生产关键技术	327
8.1.1 工艺过程安全生产关键技术	327
8.1.2 碳酸钙生产的化工单元安全技术	330
8.2 碳酸钙生产的环境保护关键技术	334
8.2.1 碳酸钙生产中的粉尘及其治理	334
8.2.2 碳酸钙生产中的废水及其治理	338
8.2.3 碳酸钙生产中的废渣及其治理	339

9 轻质系列碳酸钙生产技术的未来展望 341

9.1 我国轻质系列碳酸钙工业存在的主要问题	341
9.1.1 结构与规模问题	341
9.1.2 体制与技术问题	342
9.1.3 工艺和工程设计问题	342
9.1.4 企业管理与人员素质问题	343
9.2 碳酸钙依然是朝阳工业	343
9.2.1 从发达国家来看碳酸钙行业	343
9.2.2 从中国的角度来看碳酸钙行业发展前景	345
9.3 纳米碳酸钙生产技术的发展展望	346

9.3.1	管理要科学化、系统化	346
9.3.2	设备要现代化、精密化	347
9.3.3	人员要知识化、专业化	349
9.3.4	产品要系列化、精细化	349
9.3.5	活化技术复合化	350
9.3.6	干燥工序组合化	350
9.3.7	系统工程化	351
9.3.8	应用研究与基础理论研究要双管齐下	351
附录一	碳酸钙生产常用数据	353
1.	CO ₂ 在水中的溶解度 (101.3kPa)	353
2.	氢氧化钙在水中的溶解度	353
3.	碳酸钙在 15℃ 水中的溶解度	354
4.	Ca(OH) ₂ 和 CaCO ₃ 的密度与质量分数对照 (25℃)	354
5.	常用液体的重要物理性质 (20℃, 101.3kPa)	354
6.	目数与粒度 (微米) 对照表 (美国标准)	355
7.	常用筛网规格型号 (平织)	355
8.	常用筛网 (材料为 304 或 316) 规格型号 (斜织)	355
9.	干空气的物理性质 (101.3kPa)	356
10.	常用气体的重要物理性质 (101.3kPa)	356
附录二	普通工业沉淀碳酸钙化工行业标准 (HG/T 2226—2010)	358
附录三	工业活性沉淀碳酸钙化工行业标准 (HG/T 2567—2006)	370
附录四	纳米碳酸钙国家标准 (GB/T 19590—2011)	378
参考文献		385

1

轻质碳酸钙工业概述

1.1 轻质碳酸钙工业历史和现状

1.1.1 世界轻质碳酸钙工业的发展历史和现状

(1) 独执技术之牛耳的日本轻质碳酸钙工业

轻质碳酸钙亦称沉淀碳酸钙 (Precipitated Calcium Carbonate, 简称 PCC), 其中把粒径在 $1\sim 100\text{nm}$ 的活性轻质碳酸钙称为纳米级碳酸钙 (Nanometer Precipitated Calcium Carbonate, 简称 NCC 或 NPCC)。世界轻质碳酸钙工业始于 19 世纪中叶。最早 1850 年英国的伯翰斯特奇公司 (J&E Sturge) 已开始用氯化钙和碳酸钠为原料、采用复分解反应方法生产沉淀碳酸钙, 由于当时原料昂贵, 该法生产的沉淀碳酸钙价格比今天的纳米碳酸钙还贵。直到 1909 年, 日本白石恒二发明了用石灰乳和二氧化碳反应生产出沉淀碳酸钙, 廉价的石灰及石灰窑副产窑气中的二氧化碳为沉淀碳酸钙的生产和应用开辟了广阔的前景。1914 年白石恒二正式成立了白云工业株式会社, 将沉淀碳酸钙投入工业化生产。从此奠定了日本在碳酸钙工业的科学研究和应用技术研究在世界的领先地位。1925 年白石恒二又发明了用硬脂酸钠处理的沉淀碳酸钙, 取名为“白艳华”, 从而大大拓展了沉淀碳酸钙在橡胶、塑料、树脂等有机高分子方面的应用领域, 为沉淀碳酸钙行业的发展迎来了一个崭新的春天。100 年来, “白艳华”已经发展成为拥有数十个品种的系列产品和国际知名品牌, 为整个行业所推崇。短短两年之后的 1927 年, 又研制出了粒径小于 50nm 的立方体形超细活性碳酸钙。超细活性碳酸钙的问世, 赋予了碳酸钙补强或半补强的性能, 使之一举跨入了功能填料的行列, 为整个碳酸钙行业插上了腾飞的翅膀。1945 年日本又开发出了平均粒径为 80nm 的高分散性塑料专用立方体形超细