

卷烟材料 对烟气有害成分 的影响

彭桂新

主编

Effects of Cigarette
Materials on
Harmful Components
in Mainstream
Smoke

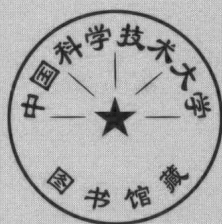


中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

卷烟材料对烟气 有害成分的影响

彭桂新 主编



 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

卷烟材料对烟气有害成分的影响/彭桂新主编. --北京: 中国轻工业出版社, 2019. 11

ISBN 978-7-5184-2557-0

I. ①卷… II. ①彭… III. ①卷烟—原料—影响—烟草—烟气—有害物质—研究 IV. ①TS452 ②TS41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 224605 号

责任编辑: 张 靓 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 砚祥志远 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市国英印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2019 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720×1000 1/16 印张: 19.25

字 数: 350 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2557-0 定价: 68.00 元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

190208K4X101ZBW

本书编写人员

主 编 彭桂新

副 主 编 聂 聪 田海英 孙学辉 顾 亮

参编人员 (按姓氏笔画为序)

冯晓民 孙培建 李明哲 李国政

杨 松 郝 辉 胡少东 高明奇

鲁 平 楚文娟

前言

PREFACE

烟用材料是指用于加工或包装卷烟过程中所使用的各种材料,即卷烟中除了烟草原料以外的部分,包括卷烟纸、接装纸、成形纸、滤棒、胶黏剂、烟用油墨以及烟用包装材料等。烟用材料作为卷烟产品不可或缺的重要组成部分,在新产品开发、产品结构调整、产品质量控制等过程中起着重要的作用,并且还直接影响卷烟产品的生产成本。其中卷烟纸、接装纸、成形纸、滤棒等卷烟材料不仅影响烟支外观,还通过调节燃烧、稀释烟气、过滤粒相物等途径影响烟气的形成与释放,进而影响卷烟的感官质量,是卷烟产品创新发展的核心要素。

近年来,为了践行“国家利益至上、消费者利益至上”的行业价值观,关注消费者的安全与健康,烟草行业大力推行“降焦减害”工程,切实降低卷烟有害成分释放量。在产品设计中合理地搭配使用卷烟材料,是开发低焦油低危害卷烟、实现降焦减害的重要途径,其重要作用已经被行业认同并取得了显著效果。为了满足产品开发人员、质检人员、科研院所、烟用材料生产企业以及物资管理人员的技术需求,笔者对近十余年开展的烟用材料对有害成分的影响相关研究成果进行总结提炼,结合长期从事卷烟材料研究积累的经验,编写了此书。

本书围绕卷烟纸、接装纸、成形纸、丝束及滤棒等影响卷烟烟气有害成分的主要烟用材料,从以下七方面进行阐述:①烟用材料的类别、生产工艺、技术指标;②卷烟烟气中有害成分;③卷烟纸主要参数对主流烟气有害成分、感官质量以及燃烧性能的影响规律;④接装纸和成形纸主要参数对主流烟气有害成分、滤嘴的通风和吸阻以及感官质量的影响规律;⑤滤棒对烟气成分的影响机制、滤棒主要参数对主流烟气有害成分、感官质量的影响规律以及特种滤棒对烟气有害成分的影响;⑥建立预测模型的常用方法,以及卷烟材料对烟气中有害成分的预测模型;⑦采用烟用材料实现卷烟产品降焦减害的应用实例。

本书由河南中烟工业有限责任公司、郑州烟草研究院合作编写。全书由彭桂新统筹策划,聂聪、田海英统稿。



由于编写人员学识有限，时间仓促，书中难免存在不妥之处。恳请专家和读者批评指正，使其渐臻完善，共同为推进行业卷烟产品降焦减害做出贡献。

编者

目 录

CONTENTS

第一章 烟用材料 / 1

第一节 概述 / 1

第二节 卷烟纸 / 5

第三节 接装纸与成形纸 / 21

第四节 丝束和滤棒 / 29

参考文献 / 47

第二章 卷烟烟气有害成分 / 49

第一节 烟气化学成分 / 49

第二节 烟气中的有害成分 / 61

第三节 ZTRI 卷烟危害性指数 / 72

参考文献 / 76

第三章 卷烟纸对烟气有害成分的影响 / 79

第一节 概述 / 79

第二节 卷烟纸透气度对烟气有害成分的影响 / 80

第三节 卷烟纸定量对烟气有害成分的影响 / 89

第四节 卷烟纸助燃剂对烟气有害成分的影响 / 94

第五节 卷烟纸纤维组成对烟气有害成分的影响 / 104

参考文献 / 109

第四章 接装纸和成形纸对烟气有害成分的影响 / 110



第一节 概述 / 110

第二节 接装纸和成形纸的透气度对滤嘴通风度的影响 / 111

第三节 接装纸和成形纸透气度对烟气有害成分的影响 / 115

第四节 滤嘴通风度对烟支吸阻、烟气有害成分及感官质量的影响 / 134

第五节 接装纸透气方式及打孔参数对烟气有害成分的影响 / 142

第六节 接装纸长度对烟气有害成分的影响 / 152

参考文献 / 155

.....

第五章 滤棒对卷烟烟气有害成分的影响 / 157

第一节 概述 / 157

第二节 滤棒对烟气成分的影响机制 / 158

第三节 丝束规格对烟气有害成分的影响 / 163

第四节 滤棒压降对烟气有害成分的影响 / 174

第五节 滤嘴长度对烟气有害成分的影响 / 181

第六节 三乙酸甘油酯对烟气有害成分的影响 / 184

第七节 特种滤棒对烟气有害成分的影响 / 187

参考文献 / 193

.....

第六章 烟用材料多因素影响预测模型 / 195

第一节 多因素预测模型建立的方法 / 196

第二节 卷烟材料对烟气中有害成分预测模型的建立 / 203

参考文献 / 251

.....

第七章 卷烟材料降焦减害应用 / 254

第一节 卷烟材料设计参数对降焦减害的影响幅度 / 254

第二节 卷烟材料降焦减害的技术集成应用实例 / 282

参考文献 / 296

第一章

烟用材料

烟用材料是指用于加工或包装卷烟过程中所使用的各种材料，如卷烟用纸、烟用丝束、烟用滤棒、烟用包装材料等。烟用材料是卷烟产品研发的核心技术之一，是产品设计上水平、质量控制精准化的重要影响因素，在产品升级中发挥着至关重要的作用，是企业开展技术创新活动的准确发力点。

第一节 概述

卷烟除了烟草以外即为烟用材料，包括卷烟纸、接装纸、成形纸、滤嘴、增塑剂、胶黏剂以及包装材料，其中卷烟纸、接装纸、成形纸、滤棒等卷烟用材料，即常说的“三纸一棒”，用于烟支卷制，通过调节卷烟燃烧、稀释和过滤烟气影响卷烟烟气的形成与释放，进而影响卷烟感官质量；内衬纸、商标纸、透明纸和拉线等包装材料主要用于保护和宣传产品，是传达产品风格特征、彰显品牌特色的重要载体。烟用材料作为卷烟产品不可或缺的组成部分，是决定卷烟产品品质的关键因素，更是推动卷烟产品创新发展的核心要素。烟草行业与烟草制品发展历程中的重大突破和跨越与烟用材料的创新与应用密不可分。滤材研究突破及成功应用带来了滤嘴卷烟的问世，有效推动了卷烟产品的划时代飞跃；滤嘴通风技术和高透卷烟纸等的应用，进一步促进了低焦油和低有害成分释放量卷烟的发展，一定程度缓解了吸烟与健康的矛盾；沟槽、中空等异形结构滤嘴技术的应用，衍生出了不同外观特征的卷烟产品，满足了市场的多元化发展需求，引领了市场的消费潮流。因此，烟用材料长期以来一直是烟草行业技术创新中极为重要并被高度重视的技术领域，也是国际各大卷烟企业提高产品技术含量的突破口。

烟用材料品种繁多，涉及造纸、化工、纺织、印刷等多个行业和学科领域。按照材料特性和用途，可分为烟用丝束、烟用滤棒、卷烟用纸、烟用包装材料、



烟用添加剂、烟用胶黏剂和烟用印刷油墨 7 大类，具体分类见表 1-1。

表 1-1

烟用材料分类

序号	大类	中类	小类
1	烟用丝束	二醋酸纤维素丝束	常用规格醋纤丝束
			特种规格醋纤丝束
		聚丙烯纤维丝束	常规聚丙烯丝束
			改性聚丙烯丝束
2	烟用滤棒	普通滤棒	醋酸纤维滤棒
			聚丙烯丝束滤棒
		特种滤棒	复合滤棒
			加香滤棒
			异形滤棒
			其他类型滤棒
3	卷烟用纸	卷烟纸	木浆/麻浆/混合浆卷烟纸 有罗纹/无罗纹卷烟纸
		烟用接装纸	打孔接装纸
			非打孔接装纸
		滤棒成形纸	普通滤棒成形纸
			高透滤棒成形纸
			其他类型滤棒成形纸
4	烟用包装材料	烟用内衬纸	无铝内衬纸
			真空镀铝（直镀）内衬纸
			真空镀铝（转移）内衬纸
			复合内衬纸
			复合转移内衬纸
			其他类型内衬纸
		烟用框架纸	白卡框架纸
			印刷框架纸
			复合框架纸
			真空镀铝（直镀）框架纸
			真空镀铝（转移）框架纸
			其他类型框架纸



续表

序号	大类	中类	小类
4	烟用包装材料	卷烟条/盒包装纸	胶版纸
			铜版纸
			白卡纸
			复合铝箔卡纸
			直镀铝箔纸
		平张/卷盘	真空镀铝纸
			转移镀铝纸
			普通封签纸
			防伪封签纸
			其他类型封签纸
		烟用包装膜	普通 BOPP (条/盒) 包装膜
			微收缩 BOPP (条/盒) 包装膜
			收缩 BOPP (条/盒) 包装膜
			其他类型 (条/盒) 包装膜
			透明拉线
5	烟用胶黏剂	烟用拉线	印刷拉线
			其他类型拉线
		烟用瓦楞纸箱	软条盒烟箱
			普通印刷
			硬条盒烟箱
			50 条装/25 条装
			彩色印刷
			软条盒烟箱
		异形装	硬条盒烟箱
			硬条盒/软条盒烟箱
			醋纤滤棒中线胶
		烟用水基胶	聚丙烯丝束滤棒成型用胶黏剂
			聚丙烯丝束滤棒中线胶
			聚丙烯丝束滤棒搭口胶
			卷烟搭口胶
			卷烟接嘴胶
		烟用热熔胶	条/盒包装用胶黏剂
			醋纤滤棒成形用胶黏剂
			条/盒包装用胶黏剂
			烟用三乙酸甘油酯
			醋纤滤棒成形用胶黏剂



续表

序号	大类	中类		小类
		钢印印刷油墨	卷烟纸印刷油墨	
6	烟用油墨	接装纸印刷油墨	接装纸、接装原纸印刷油墨	
			内衬纸印刷油墨	
			框架纸印刷油墨	
			封签纸印刷油墨	
		包装材料用印刷油墨	条/盒包装纸印刷油墨	
			条/盒包装膜印刷油墨	
			拉线印刷油墨	
			卷烟用瓦楞纸箱印刷油墨	

一、烟用丝束

烟用丝束是成型卷烟滤棒的主要材料，主要包括二醋酸纤维素丝束和聚丙烯纤维丝束。二醋酸纤维素丝束是指以特定水解度的纤维素二醋酸酯为原料，经丙酮溶解、过滤、纺丝、卷曲、烘干等工艺加工成的有多根单丝纤维互相抱和在一起的带状纤维束。二醋酸纤维素丝束具有良好的吸附性能和压降控制特性，是烟草行业最主要的滤棒成形材料，目前，98%以上的卷烟都采用该丝束成形的滤棒。此外，一些卷烟还在使用聚丙烯纤维丝束，该丝束采用聚丙烯材料，经熔融、纺丝、卷曲等工艺加工而成，由于该丝束吸附性和压降稳定性能较二醋酸纤维素丝束稍差，该丝束的使用量正逐年减少。

二、烟用滤棒

烟用滤棒是以烟用丝束、滤棒成形纸为主要原料，经开松、放松、卷制、分切等工艺成形的圆柱体。烟用滤棒与打孔技术配合，是控制主流烟气成分、调节卷烟吸阻、影响感官品质的重要手段。烟用滤棒可分为普通滤棒和特种滤棒，其中特种滤棒通过不同滤棒结构组合或添加特殊材料，实现不同卷烟外观、风格特征以及理化指标和功能的差异，提升产品的个性化和差异化。

三、卷烟用纸

卷烟用纸指加工卷烟过程中所使用的纸品，主要有卷烟纸、烟用接装纸、滤棒成形纸等。在实现包裹烟丝卷制卷烟的前提下，使用不同规格和技术参数的卷烟用纸，实现卷烟燃烧状态和感官质量的变化，是形成卷烟风格特征的关键因素之一。



四、烟用包装材料

烟用包装材料是指包装卷烟过程中所使用的材料，主要有烟用内衬纸、烟用框架纸、卷烟条/盒包装纸、烟用封签纸、烟用包装膜、烟用拉线、烟用瓦楞纸箱等。烟用包装是突出品牌特征、密封保湿、确保烟支储存、运输安全的重要保证。

五、烟用胶黏剂

烟用胶黏剂指滤棒成形、卷烟接装、包装过程中所使用的黏合剂，主要有烟用水基胶、烟用热熔胶等。烟用水基胶是以水为分散介质的水溶性或水乳型胶黏剂。主要用于滤棒中线胶、卷烟搭口、接嘴和包装等。烟用热熔胶指常温固态，加热熔融成液态的胶黏剂，主要用于滤棒成型的搭口黏合，以及部分高速包装设备上的包装黏合。胶黏剂应用在卷烟生产的全过程，对卷烟质量和生产效率都有重要的影响，需要针对不同的烟机设备和特定的包装材料准确调整胶黏剂参数，确保产品质量的稳定和生产的正常运行。

六、烟用印刷油墨

烟用印刷油墨是卷烟、接装纸及包装纸生产过程中使用油墨的总称，主要有钢印油墨、接装纸印刷油墨、包装材料印刷油墨等。油墨通过印刷将图案、文字表现在承印物上，是表达品牌理念、实现产品特色的重要载体。由于油墨在印刷的过程必须在溶剂中溶解，极易在印刷物上带来挥发物残留，必须在油墨体系选型、印刷工艺调整等方面优化设计，防止卷烟污染，提高产品安全性。

第二节 卷烟纸

卷烟用纸指加工卷烟过程中所使用的纸品，其中卷烟纸参与烟支的燃烧，因此卷烟纸理化特性对卷烟品质有重要影响，涉及外观、感官、烟气、包灰、安全等多个方面，且部分指标对卷烟性能起关键作用。

一、卷烟纸类别

卷烟纸是用于包裹烟丝成为卷烟烟支的专用纸，制成卷筒后分切成盘状，故又称为盘纸。卷烟纸根据质量特性分类如下。

1. 按照纤维种类分类

依据纸张使用的纤维种类，卷烟纸分为木浆卷烟纸、麻浆卷烟纸、混合



浆卷烟纸等。

2. 按照罗纹方式分类

依据罗纹方式，卷烟纸分为横罗纹卷烟纸、竖罗纹卷烟纸、斜罗纹卷烟纸、方格罗纹卷烟纸、无罗纹卷烟纸等。

3. 按照外观设计分类

依据外观设计，卷烟纸分为普通白色卷烟纸、彩色卷烟纸、印刷卷烟纸、防伪卷烟纸等。

4. 按照燃烧性能分类

依据卷烟纸的燃烧特性，卷烟纸分为普通卷烟纸、低引燃倾向（Low Ignition Propensity）卷烟纸、加热不燃烧卷烟纸等。

5. 按照功能特性分类

依据纸张的功能特性，卷烟纸分为普通卷烟纸、快燃卷烟纸、低侧流卷烟纸、降 CO 卷烟纸、强包灰卷烟纸、加香卷烟纸、保润卷烟纸等。

6. 按照质量等级分类

依据质量等级，卷烟纸从高到低依次分为 A、B、C 三个等级，卷烟企业通常使用 A 级纸。

7. 按照产品规格分类

依据烟支规格，卷烟纸的宽度一般使用 26.5mm（常规卷烟）、19mm（细支卷烟）、22mm 或 24mm（中支卷烟）。依据设备机型，双盘卷烟纸常用的宽度为 53mm 等。

二、卷烟纸特性

卷烟纸在纸张分类中属于薄页纸、特种纸，具有以下特性。

1. 具有自然的透气性

卷烟纸由植物纤维和遍布在其结构中的无机填料组成，结构疏松，纤维之间的空隙形成多孔，从而具有渗透性和扩散性。

2. 具有不透明度、白度等光学性能

卷烟纸质量的三分之一由碳酸钙组成，碳酸钙具有比木浆纤维高的对光的折射与反射，使卷烟纸的不透明度较高，可以良好遮盖烟丝，从卷烟外向内看，不能见到烟丝，不“露底”同时，其具有比木浆纤维高的白度，使卷烟纸的白度较高，可美化烟支外观。

3. 具有良好的燃烧性

烟支燃烧时，卷烟纸与烟丝部分混成一体共同燃烧。卷烟纸质量占整支



卷烟质量的 5% 以上，它的燃烧产物对烟气组分不会产生很大影响，但卷烟纸的燃烧温度和燃烧速度则直接影响卷烟燃烧效果，从而影响到卷烟烟气组分。

4. 具有一定拉伸强度

卷烟机采用张力控制系统实现卷烟纸供给，为了适应高速卷烟机的需求，卷烟纸需要具有较高的拉伸强度和均匀性，保证卷烟机在高速运行过程中不断纸。

5. 具有工艺两面性

纸张正面（背网面）的填料和细小纤维含量相对多于纸张反面（贴网面），纸张正面比较平滑，结构比较紧密；助燃剂单面施加在卷烟纸的反面，有助于保持烟灰状态。

6. 具有吸湿性

卷烟纸具有很强的吸湿和放湿能力。在环境温湿度改变时，纸张含水率随之发生变化，影响纤维的结合，影响纸张上机使用的抗张强度。当纸张的水分与周围空气的相对湿度相平衡时，其强度达到最佳状态。

三、卷烟纸作用

(1) 包裹烟丝，卷制成无皱、不透明的烟支，是卷烟纸的基本功能。

(2) 美化烟支外观。通过在卷烟纸上压制罗纹、涂布色彩图案等，使烟支外观新颖，吸引消费者；个性化的罗纹及图案设计同时具有产品防伪效果。

(3) 调节卷烟燃烧，影响烟气形成与释放。卷烟纸直接参与烟支燃烧，对卷烟静态燃烧速率、通风率、抽吸口数、压降和主、侧流烟气释放量都有较大影响。

(4) 影响烟气扩散，与卷烟感官质量、包灰与灰色具有直接相关性。

(5) 功能元素载体。在卷烟纸中施加具有改善包灰、加香或者减害作用的功能助剂，可赋予卷烟产品更多的技术特色。在卷烟纸背面涂布一定宽度的阻燃条，形成低引燃倾向卷烟纸，有助于降低火灾风险。

四、卷烟纸原材料及生产工艺

1. 原材料

卷烟纸由植物纤维（约 70%）和遍布在其结构中的无机填料（约 28%）、助剂（约 2%）组成。主要包括：植物纤维、填料、助燃剂、增强剂、助留剂、消泡剂、防腐剂等。

(1) 纤维原料 卷烟纸的原料主要为木浆、麻浆等植物纤维。其中，木



浆是当前造纸最常用的纤维原料，木浆通常分为针叶木浆和阔叶木浆；麻浆通常选择亚麻浆。

不同的纤维原料，由于纤维形态和强度等性能的差异，对卷烟纸的物理指标和外观质量产生直接影响，不但影响卷烟纸透气性，还影响卷烟纸在卷烟机上运行的稳定性。

①针叶木浆：主要原料有云杉、松树、冷杉、落叶松、铁杉等，其性能特点：纤维长而宽、细胞壁厚、壁腔比大、强度高，容易吸水润胀、分丝、帚化，为纸张结构提供强度和骨架性网络，卷烟纸纵向拉力好；但透气性差，也影响卷烟纸的匀度和不透明度。

②阔叶木浆：主要原料有杨木、桦木、桉木、榉木、相思木类等，其性能特点：纤维短而细、壁腔比小、结构疏松、强度较低，能够提高卷烟纸的透气度且改善匀度和不透明度；但不易帚化，纵向拉力差。

③麻浆：主要原料有亚麻、大麻、红麻、马尼拉麻等，其性能特点为纤维长、纤维素含量高、灰分低。麻料生长期及产地不同，质量差异性较大，在卷烟纸中通常选择亚麻纤维，其特点纤维细而长、透气性和燃烧性能好。不同纸浆纤维形态见图 1-1。



图 1-1 不同纸浆纤维形态

由于卷烟纸是薄型、定量低、灰分高的纸种，对纸机运行来说，需要有一定的内在强度；对卷烟纸的燃烧性能来说，需要具有一定的松厚度和透气度；对烟支外观质量来说，需要较高的匀度和不透明度。因此，卷烟纸的纤维原料通常选择不同浆种混合使用，针叶木/麻浆（长纤维）赋予纸张较高的强度，阔叶木（短纤维）调节纸张的透气度和不透明度；适当的长、短纤维配比，可同时满足卷烟纸透气度和强度的要求。纸浆通常配比针叶木浆 10%~40%，阔叶木浆 60%~90%，麻浆 10%~50%。

不管何种植物纤维原料,其主要化学组分均为纤维素(40%~50%)、半纤维素(10%~30%)及木质素(20%~30%)三种,另外还有单宁、果胶质、有机溶剂抽提物(树脂、脂肪、蜡等)、色素及灰分等少量组分。纤维素、半纤维素均为碳水化合物,木质素为芳香族化合物。纤维素是不溶于水的均一聚糖,它是由大量葡萄糖基构成的链状高分子化合物;半纤维素是指纤维素以外的全部碳水化合物(有少量的果胶质与淀粉除外),是由两种或两种以上单糖基组成的不均一聚糖,大多带有短侧链;木质素是由苯丙烷结构单体构成的具有三维空间结构的天然高分子化合物。

纸浆的品质主要决定于其纤维形态和纤维的纯净程度。木质素位于纤维素纤维之间,通过形成交织网使植物的木质部维持极高的硬度,起抗压作用。木质素如果不去除,纤维原料不会分散成单根纤维。制浆时,需将植物纤维中大量木质素脱去,使得植物纤维更加柔软,分子质量和聚合度更加稳定。

从纤维的组分来说,麻纤维的综合纤维素含量最高、木质素含量最少,针叶木的综合纤维素含量较低、木质素含量较高,阔叶木组分介于二者之间。从燃烧裂解产物来说,亚麻浆的成分种类较少,木浆的成分种类相对较多。因此,纸浆纤维的类型和纯度是影响卷烟香气和吸味的因素。

纸浆原料的要求:白度高、杂质少、质量稳定、经无氯漂白,无影响抽吸质量的异味。主要检测指标为抗张指数、撕裂指数、耐破指数、D65亮度、D65荧光亮度、灰分、尘埃度等。

(2) 填料 填料是卷烟纸生产中不可缺少的部分,它在卷烟纸中的作用:

①提高卷烟纸的折射率,使从卷烟外向内看,不能见到烟丝,不“露底”,即提高不透明度。

②调节卷烟燃烧而不熄火,即控制燃烧速度。

③增加纸张的透气度,以降低主流烟气释放量,减少对人体有害的物质。

④保持烟灰形态。包灰成分主要由填料组成,填料含量及在卷烟纸上分布影响包灰性能。

⑤增加卷烟纸的白度。因为碳酸钙白度比木浆白度高,进口的碳酸钙白度达95%,国产的碳酸钙白度达92%以上。

⑥降低成本。碳酸钙的价格低于纸浆的价格,可以节约宝贵的纤维原料,在低成本下获得更好的纸质。

卷烟纸的填料目前广泛使用碳酸钙(CaCO_3)。碳酸钙有轻质碳酸钙