

植物油脂在蜡烛行业中的应用问题及其解决方案研究

龙佑刚

(上海播创科技有限公司, 上海, 201210)

摘要: 成本, 颜色, 燃烧是植物油脂用于蜡烛产品中最基础的三个问题。越靠近产品链前端的产品配方与工艺将越具备成本优势, 可根据原材料价格变化灵活调整产品配方。金属漆变色、高温光照导致褪色以及香精导致蜡基变黄是蜡烛生产中常见的变色问题, 解决的关键是对染料与颜料进行最佳掺和。烛芯是蜡烛燃烧的关键, 针对炸花、弯曲、结碳、余烟等常见的燃烧问题, 提供既系统又可选择的蜡烛体系优化方案是解决的方向。经过反复的实验与生产实践证明, 将复杂的蜡烛配方设计为线性的 ABC 配方体系可以极大地帮助蜡烛生产商不再浪费时间在配方研究上, 从而能将精力花在产品附加值更高的包装设计和香气选择上, 有助于国内蜡烛与香薰品牌快速崛起和发展。

关键词: 植物油脂; 蜡烛; 成本; 颜色; 燃烧

作者简介: 龙佑刚, 硕士, 上海播创科技有限公司总经理, 长期专注于蜡烛原材料的研发及应用推广, 致力于植物油脂替代石蜡在蜡烛产品中的应用研究。E-mail:bcchemical@qq.com。



人类制造和使用蜡烛已有两千多年的历史, 蜡烛作为一种重要的生活用品, 在香氛、节日、祭祀、家居等多个领域发挥着重要作用。随着环保意识的提升和可持续发展理念的普及, 植物油脂作为一种绿色环保、可再生的新兴蜡材, 逐渐受到市场的青睐。本文将就植物油脂在蜡烛行业应用中所遇到的成本问题、颜色问题、燃烧问题展开论述。

(常温下是固体, 适度加热能够软化和熔化) 的物质统称为植物蜡。通常以棕榈蜡和大豆蜡为代表。由于产量、成本及可持续供应的原因, 蜡烛行业主要以石蜡、棕榈蜡、大豆蜡这三种蜡材为主, 其他小品种蜡如蜂蜡, 主要是作为添加剂使用, 或者增加产品个性的乳木果蜡, 椰子蜡等。

在应用中会发现, 石蜡、棕榈蜡和大豆蜡由于其结构不同, 呈现出不同的特性。具体体现为:

石蜡的结构特性, 柔软可延展。



棕榈蜡和大豆蜡, 通常以两种化学结构应用于蜡烛行业, 一种是物理分提或加氢得到的棕榈硬脂结构。另一种则是继续水解得到的硬脂酸产品。



从结构上发现, 棕榈硬脂更脆, 材料具有更好的硬度, 但只能同石蜡或硬脂酸产品混合使用。而硬脂酸产品有一定的延展性, 并表现出一些特有的结晶表面效果, 可以做成 100% 的硬脂酸蜡烛产品。

从图2可以发现, 植物蜡产品越靠近产品链前端的配方与工艺将越具备成本优势。

1. 成本问题及其解决方案

1.1 蜡烛开发流程和植物蜡产品的产品链

讨论成本问题首先需要关注蜡烛产品的开发流程 (图1) 和植物蜡产品的产品链 (图2)。从图1可以看出, 蜡烛产品的开发流程并不复杂, 通常围绕产品类型及要求, 进行工艺路线设计、配方设计和烛芯选择后, 对其燃烧、颜色、气味、外观等进行测试。



图1 蜡烛产品的开发流程

把以植物油脂为起始原料, 经过物理提炼或各种化学方式处理 (氢化、水解、酯交换等) 得到的具有石蜡特性

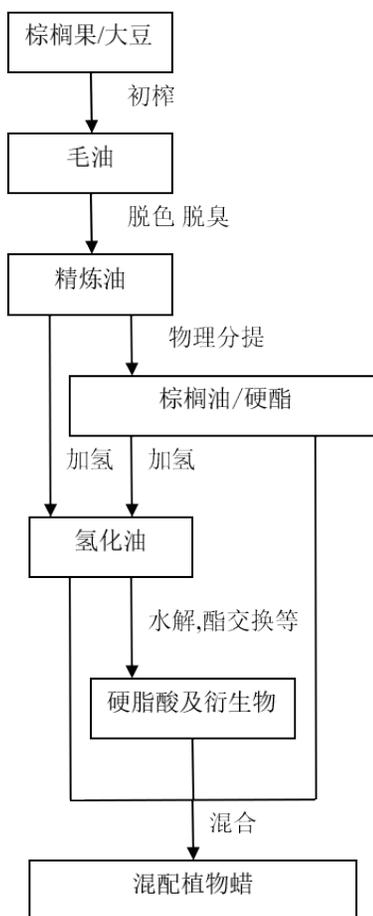


图2 植物蜡产品的产品链

1.2 基于成本的蜡烛配方调整

在应用中，蜡烛生产者会根据石蜡和植物蜡的价格走向调整产品的配方设计。在石蜡价格便宜的时候，工厂通常会选择纯石蜡的配方。以柱蜡产品为例，纯石蜡的典型配方为：石蜡（58–64℃）90%–99.5%，添加剂 0.5%–10%，通常燃烧的形态如图3所示。在植物蜡价格走低的时候，工厂通常会选择更多的加入植物蜡（棕榈硬脂，氢化棕榈油或硬脂酸）去降低成本，通常的燃烧形态如图4所示。



图3 纯石蜡配方的燃烧形态



图4 混合植物蜡的燃烧形态

当然也有一些客户追求 100% 的植物蜡柱蜡配方，市场上也因此开发出了 100% 植物蜡产品，以棕榈蜡基为主的 BC6105 和以大豆蜡基为主的 BC6205，其燃烧形态如图5所示：



图5 100%植物蜡的燃烧形态

特别提出的是，容器蜡产品的配方设计，因为有容器的帮助，相比于柱蜡，植物油脂的应用范围将会变得很广，从液态油到熔点 80℃ 的米糠蜡都可广泛应用于容器蜡的配方设计中，每一种油脂材料发挥着各自的作用，相互协同，最后得到满意的蜡烛产品。相应的，基于成本考虑的容器蜡配方也有三种形式：

一是纯石蜡容器蜡的配方体系。纯石蜡做容器蜡，由于存在凝固点同熔点相差太小，其燃烧形态依然保持柱蜡的卷曲模式，见图6，熔池很小，通常需要较大的火焰高度才会将液面全部打开。火焰越大，越容易产生黑烟，因此石蜡蜡烛产品通常被冠以不环保的罪名。



图6 纯石蜡容器蜡的燃烧特性

二是混合石蜡配方体系。这是目前大多数蜡烛工厂广泛使用的配方框架，我们将之简称为 ABC 配方框架：A 为植物蜡，B 为石蜡，C 为添加剂（通常为微晶蜡），典型的配方 40%–70% 植物蜡，25%–55% 石蜡，5% 微晶蜡。该配方结构的特点是工艺性能特别好，成本容易根据原材料的价格浮动去自行调整植物蜡与石蜡的配比。但缺点是产品的扩香性能比较差，不适合高端香薰蜡烛产品的应用。

三是纯棕榈蜡或大豆蜡的配方体系。纯植物蜡配方，最初主要是为应对 2004 年的美国反倾销而开发，最早的配方是用硬脂酸来生产蜡烛产品，后来才更多的采用不同熔点大豆蜡调合的大豆蜡产品，以 CARGILL 公司推出的

NATUREWAX C3 为代表。后来 ATKINS&PEARCE 和上海播创科技有限公司陆续开发了很多的配方产品。其中比较典型的国产大豆蜡配方就是 BC6200 与 BC6212，分别对替代进口的 Naturewax C3 和 MC100。

但是，纯植物蜡配方体系，由于存在同质多晶现象，对冷却工艺（浇注温度，杯子是否预热，容器摆放的间距，车间环境温度，散热方式等）具有严格的要求，冷却过快和过慢都会出现不同形态的晶花，导致产品外观容易出现瑕疵。

植物蜡的冷却曲线

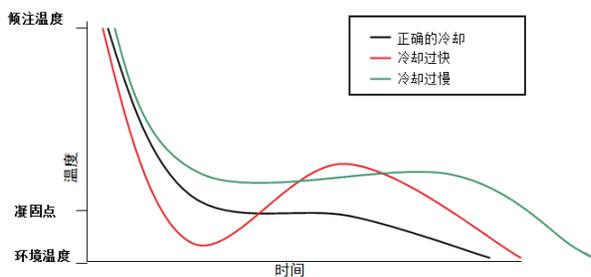


图7 植物蜡的冷却曲线

冷却过快会容易表面出花及脱壁，见图 8a，也会导致内部中心空洞，见图 8b，在燃烧时，蜡液掉入空洞，引起烛芯干烧，导致蜡烛产品自熄。

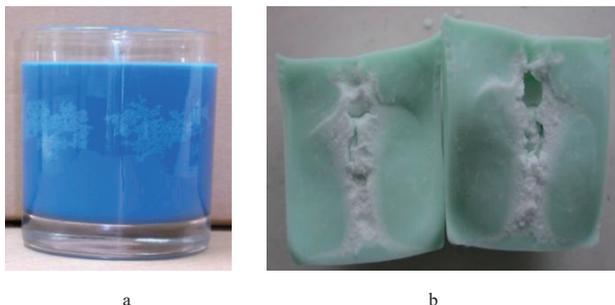


图8 冷却速度过快的影响

冷却过慢则主要会出现低熔点的香精或油份残留表面出花，如图 9a；内部结构呈现缓慢冷却的松散结晶结构，如图 9b。在燃烧时，会出现小的气泡或蜡水比较浑浊的现象。

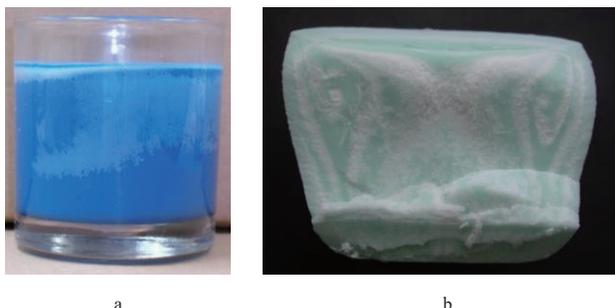


图9 冷却过慢的影响

唯有正常的冷却方式，可以得到如图 10 所示的表面外观。



图10 正常冷却的表面外观

针对上述应用中容易出现的问题，目前市场上最为流行的解决方案是 BC2010 加 SOYMATE 的配方体系，它将原本复杂的配方工作，变成了简单的 ABC 线性关系，A 为 100% 大豆蜡 BC2010，B 为添加剂 SOYMATE，C 为香精。通常建议 SOYMATE 的添加比例为 6%–15%，香精比例 5%–10%。为获得不同的工艺性能，工厂可以根据自身的生产条件自行调整比例，找到最适合该款香精的配方。该配方体系最大香精承载量可达 50%，非常适合于高端香薰蜡烛的研发和生产制造。

2. 颜色问题及其解决方案

色彩直接影响到用户体验。变色是蜡烛生产、仓储及销售过程中很容易出现的问题。为了更好地呈现理想的色彩，生产商会增加着色剂，然而，由于植物蜡吃色，增加着色剂用量又会导致成本增高，同时也会造成燃烧困难，因此需要探索新的解决方案。

2.1 常见的变色问题及其引发原因

2.1.1 金属漆变色

这类问题，主要是由于硬脂酸引发。原因来自两方面：一是在不知情的情况下被动使用了低价副牌石蜡原料。比如一些蜡板厂为追求利润，在硬脂酸价格比较低的时候，会不同程度加入炼厂过来的蜡水中；二是许多蜡烛厂认为喷漆或蘸色产品看不到里面材质，主动混入了便宜的硬脂酸产品。

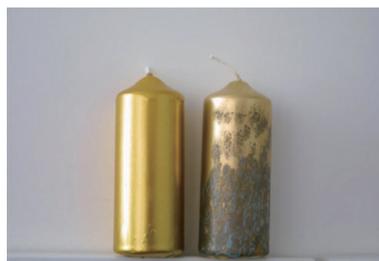


图11 金属漆变色

2.1.2 高温光照导致褪色

如图12显示，经过高温的产品，颜色会更浅，并出现明显的褪色；加入颜色稳定剂和不加颜色稳定剂，结果也是显而易见的，不加颜色稳定剂的产品在光照20天后已严重褪色。

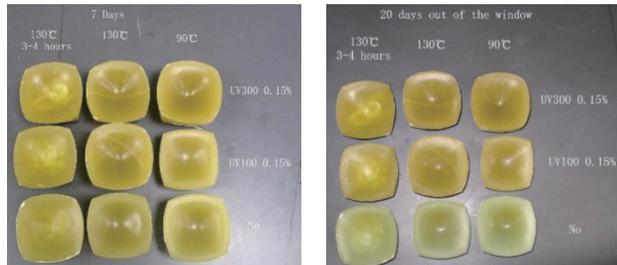


图12 高温光照褪色

2.1.3 香精导致蜡基变黄

从图13中不难看出，含有植物蜡 S58，不加颜色稳定剂，产品经过14天光照后，颜色依然稳定。对于加有香精，无论产品中是否含有植物蜡 S58，产品均有变色，可见香精才是导致变色的最主要原因。

该实验同时也简单对比了不同颜色稳定剂的作用，从图中发现复配过的 BC100和 BC300比市场上未经筛选的 UV 产品效果要明显。

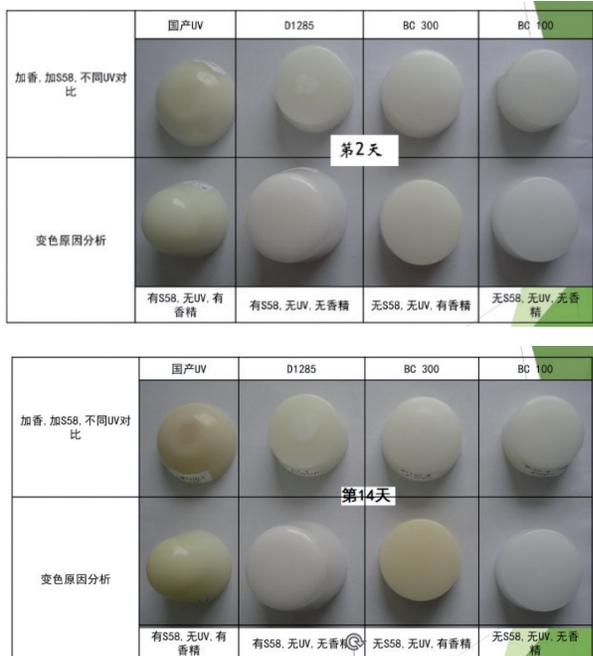


图13 香精导致蜡基变黄

2.2 避免植物蜡“吃色”和易变色的着色解决方案

图14中，左边是两个未着色的蜡块，100%植物蜡和100%石蜡。然后依次按照0%、20%、40%、60%、80%和100%石蜡比例蜡块，将同样浓度蓝、绿和红色加入，发现植物蜡含量越高的配方颜色越浅。为了得到与石蜡配方一

样的颜色，通常需要加2-5倍的着色剂，这大大增加了成本和带来燃烧问题。因此也需要找到很好的解决办法。



图14 植物蜡添加着色剂与石蜡效果对比

为解决这些问题，可以使用市场上最新推出的BCDP片状染料产品，顾名思义就是染料与颜料的掺和，这也是蜡烛行业无数调色师傅多年调色实践的技术结晶。很多时候，为了解决蜡烛的变色问题，调色师傅不得不加一些燃烧性能不够理想的颜料；但有些时候为了改善一些色调的燃烧问题或着色强度的问题，调色师傅们又不得不加入一些容易串色和变色的染料。于是在这种掺和需求的强烈推动下，市场上出现了既能稳定颜色，又能燃烧，同时又具有相当着色浓度的BCDP片状染料产品，丰富了蜡烛行业的调色系统，让调色方案一步到位。

BCDP应用于100%硬脂酸产品，色彩浓度及颜色稳定性依然可以比肩石蜡。见图15色板。



图15 石蜡基与硬脂酸蜡基颜色对比

3. 燃烧问题及其解决方案

3.1 烛芯对蜡烛燃烧的影响

在研究燃烧之前，需要对影响蜡烛燃烧最关键的原材料——烛芯做一些基础介绍。烛芯是一种采用不同材质的纱线编织而得的编织物，利用毛细作用将油或液蜡抽吸到燃烧区域进行燃烧，烛芯的材质、股数和编织紧密度通常是控制这种毛细作用的关键因素，起到控制维持火焰的能耗量的作用。

从实践来看，烛芯对蜡烛燃烧火焰的影响主要体现在为：

- 烛芯的粗细(股数)，通常股数越多的火焰越大；
- 烛芯编织的紧密度(PPI)，同样股数的烛芯，编织越松，火焰越大，反之亦然；
- 编织材料的毛细作用强度，通常棉纱的吸蜡速度大于纸纱和麻纱，不同产地和支数的棉纱又具有不同的吸蜡速度；
- 烛芯黑烬部分的长度(化学处理)，通常黑烬越长，火焰会越大(如图16)；

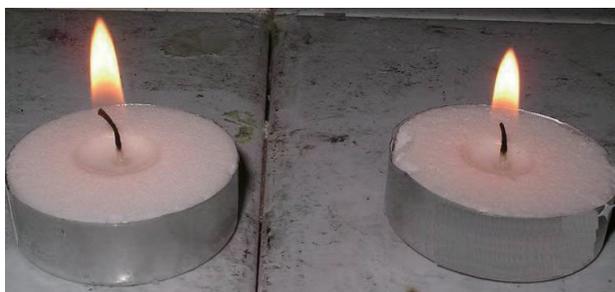


图16 黑烬长短对火焰大小的影响

蜡材运动粘度影响到火焰大小(见图17)。同种型号的烛芯，在运动粘度越小的配方中火焰越大。

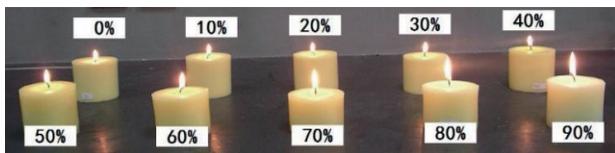
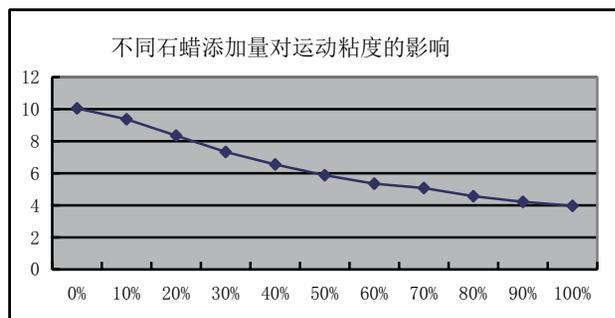


图17: 蜡材运动粘度对火焰大小的影响

3.2 常见的燃烧问题及其解决方案

3.2.1 炸花

蜡烛燃烧中途停顿，出现表面炸花(图18)的现象主要出现在凝固点在20-35°C室温之间的纯植物蜡体系中，其原因在于植物油脂存在同质多晶的现象，在缓慢的冷却过程中，产生了 α 、 β' 、 β 三种不同的结晶状态。通常的解决办法是加入石蜡或者晶体调节剂。

3.2.2 弯曲

烛芯二次点燃出现弯曲(图19)这一现象是由于左右两侧蜡液在冷却时，出现不均匀冷却，矮的这边先冷，石蜡收缩，将烛芯拉弯曲。这种现象，只有采用直立性强且不弯头的烛芯，并且生产时烛芯需严格居中，才能避免。

3.2.3 结碳

结碳也即蘑菇头(图20)通常是在烛芯过分直立时容易出现，因为内焰的温度通常偏低，不足以充分燃烧；通常是建议采用适度弯曲度的烛芯产品，能够将蜡液导至温度最高的外焰进行充分的化学反应，可以很好的避免蘑菇头的产生。当然配方中的色料，杂质以及香精，都是产生蘑菇头的原因，为避免这些问题，需要严格使用易燃烧的染料。

3.2.4 余烟

余烟(图21)通常是因为有闪点较低的物质引起，通常在香精含量高的配方中容易出现；有蘑菇头的情况下，余烟也会比较长，原因是蘑菇头在吹灭后，温度会比较高，一旦超过闪点，蜡液就会一直气化，冒烟。实践中，发现采用化学处理的BCM系列烛芯可有效解决这一问题。



图18 炸花



图19 弯曲



图20 结碳

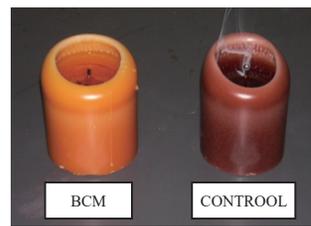


图21 余烟

对以上常见的4种燃烧问题，ATKINS&PEARCE率先

推出了蜡烛体系优化 (CSO) 的方法, 该方法将蜡烛看作一个由蜡材、香精、着色剂、添加剂和烛芯所构成的相互平衡体系, 即 蜡烛 = (蜡材 + 香精 + 着色剂 + 添加剂 + 制造工艺) × 烛芯。

完美的蜡烛, 除了有好的外在质量, 还需要有良好的燃烧性能。然而, 蜡烛是否有良好的燃烧性能, 很大程度取决于占整个蜡烛体系成本不到 1% 的烛芯和着色剂, 许多蜡烛制造商对蜡烛的燃烧表现不够重视, 往往因为 1%, 而损失掉 50% 的价值。一个完美的燃烧烛芯形态应如图 22。



图 22 完美燃烧

原材料的频繁更换和批次差异, 总在不断地打破原本平衡的蜡烛体系。因此, 需要不断调整配方和烛芯来获得新的平衡。相对而言, 调整烛芯更为简单, 成本也最低,

但选择合适的烛芯需要付出大量时间和精力进行燃烧实验。为此, 播创科技公司推出了内有 100 多种烛芯和完备技术参数的烛芯选型包, 获得了较高的市场欢迎度。

4. 结论

植物蜡作为一种绿色环保、可再生的新兴蜡材, 逐渐受到市场的青睐。但是在将植物蜡运用于蜡烛行业的生产过程, 会出现包括成本、颜色和燃烧等在内的一系列问题。这些问题往往不是孤立存在, 而是相互联动的。针对单一问题进行的配方调整常常会牵一发而动全身, 带来一系列的影响, 使得看似简单的蜡烛产品, 变得异常复杂。故而, 行业内经常会流行这样一句话 “CANDLE LOOK LIKE EASY, BUT IT IS NOT EASY” (蜡烛看似容易, 但实属不易)。因此, 需要针对植物蜡在蜡烛行业中的应用问题寻找系统的解决方案。反复的实验与实践证明, 将复杂的植物蜡蜡烛配方设计变成一个线性的 ABC 配方体系是解决 “蜡烛实属不易” 的有效办法, 可以极大地帮助蜡烛生产商不再浪费时间在配方研究上, 从而能将精力花在产品附加值更高的包装设计和香气选择上, 有助于国内蜡烛与香薰品牌快速崛起和发展。

Research on Application Problems and Solutions of Vegetable Oil in Candle Industry

Long You-gang

(Shanghai Broadcasting Technology Co., LTD., Shanghai, 201210)

Abstract : When using vegetable oils in candle products, cost, color, and combustion are the three most basic issues. The closer the product is to the front end of the product chain, the greater advantage of product formula and process costs will have. Therefore, the product formula can be flexibly adjusted according to the price of raw materials. Discoloration of metallic paint, fading caused by high temperature and light, and yellowing of wax base due to fragrance are common discoloration problems in candle production. The key solution is to optimally blend the dye and pigment. Wick plays a crucial role in candle burning. To solve common burning problems such as flower bursting, bending, carbonization, residual smoke, etc., the possible solution is to provide a systematic and optional candle system.

Keywords : vegetable oil; candles; cost; color; combustion