

# 电子雾化器中超声波雾化技术的应用与研究进展

严志国 张兰兰 黄邦贤 包振树 熊荻

(深圳市金顿士科技有限公司 广东深圳 518000)

**摘要:** 在当前电子烟行业,传统的电热雾化技术存在一定的问题,例如温度控制难度、热量分布不均等。为了改善这些问题,本文将探讨超声波雾化技术的应用及其研究进展。该技术通过使用超声波振动将液态烟油雾化,从而实现更稳定和均匀的烟雾产生。同时,超声波雾化技术也在温度控制、烟油的稳定输送等方面表现出优异的性能。本文还将探讨当前超声波雾化技术的挑战以及未来可能的解决方案。

**关键词:** 超声波雾化; 电子雾化器; 电子烟; 应用; 研究进展

## 1 引言

近年来,超声波雾化技术被引入电子烟领域,以期解决电热雾化技术存在的问题。超声波雾化技术利用超声波的振动,将液态的烟油转化为微小的雾化粒子。这种方法具有更稳定的温度控制,以及更均匀的热量分布,能够产生更稳定、口感更好的烟雾。然而,超声波雾化技术在电子烟中的应用还处在研究和开发阶段,面临着一些挑战。例如,如何实现超声波雾化设备的小型化和能耗的优化,如何确保超声波雾化对各种不同成分烟油的适应性等。

本文将结合深圳市金顿士科技有限公司对超声波雾化技术在电子烟中的应用经验进行深入地研究和探讨,总结其优势和面临的挑战,并对其未来的发展方向进行预测。

## 2 行业现状和传统电热雾化技术的问题

### 2.1 电子烟行业现状

近年来,电子烟行业在全球范围内取得了快速发展。根据 Statista 数据,2020 年全球电子烟市场规模为 197 亿美元,预计到 2025 年将达到 672 亿美元,复合年增长率(CAGR)为 25.8%。这种快速增长的原因可以归结为以下几点:首先,越来越多的烟民意识到传统烟草制品的健康危害,开始寻找替代品;其次,电子烟行业不断创新,推出各种功能和外观的产品,以满足不同消费者的需求;最后,政府和公共卫生部门对电子烟的监管和征税政策相对较宽松,使得企业可以更容易地进入市场。

尽管电子烟的健康影响仍存在争议,但许多研究表明,与传统烟草相比,电子烟在减少一些有害物质的吸入方面具有优势。然而,为了进一步改善电子烟的安全性和口感,行业在雾化器技术方面进行了许多尝试和创新。

### 2.2 传统电热雾化技术

传统的电热雾化技术是目前电子烟市场上最常见的一种雾化方法。这种技术通过电阻丝加热烟油,使烟油蒸发成气溶胶,供用户吸入<sup>0</sup>。电热雾化器的核心部件是加热元件,通常为镍铬合金丝或不锈钢丝。这些金属丝在通电时产生热量,将周围的烟油加热至雾化温度。为了提高烟油与加热元件之间的接触面积,通常会使用棉花或其他吸液材料将加热元件包裹起来。

尽管电热雾化技术在市场上占据主导地位,但其存在一些问题和局限性。

#### (1) 温度控制难度

电热雾化技术的温度控制主要依赖于调整电流或电压。然而,在实际使用中,加热元件的温度可能受到多种因素的影响,如电阻丝的长度、直径、材质、电流强度以及电池的电压等。如果温度控制不恰当,可能导致烟油过热,产生燃烧味,甚至产生有害物质。同时,电热元件的温度也会受到吸烟方式(如吸烟频率、吸烟深度)和环境温度的影响,这些因素都使得温度控制变得更加复杂。

#### (2) 热量分布不均

在电热雾化器中,电阻丝通常被棉花或其他吸液材料紧紧包裹。这种设计使得烟油可以充分与电阻丝接触,提高雾化效率。然而,由于电阻丝的热量主要集中在中心区域,周边的烟油可能得不到充分加热,导

致热量分布不均。这种情况可能会使部分烟油没有被完全雾化,影响电子烟的口感和烟雾的产量。

#### (3) 寿命短和维护成本高

电热雾化器的电阻丝在长时间的使用中,会因为金属疲劳和氧化而损坏。这不仅会降低雾化效率,还可能产生金属味,影响用户的吸烟体验。因此,电阻丝需要定期更换,增加了使用成本。此外,电热雾化器在使用过程中还需要定期清洁,以防止烟油残留物在电阻丝上积累,影响雾化效果。

#### (4) 对烟油种类的限制

由于电热雾化器的工作原理,对烟油的成分和粘度有一定的要求。一些特殊的烟油,如含有高比例植物甘油(VG)的烟油,可能无法在电热雾化器中得到充分雾化。这在一定程度上限制了电子烟用户的选择。

以上问题提示我们,尽管电热雾化技术在电子烟领域占据主导地位,但仍有许多可以改进和优化的空间。在下一章中,我们将探讨一种可能的解决方案:超声波雾化技术。

## 3 超声波雾化技术的基本原理

### 3.1 超声波雾化的工作原理

超声波雾化技术是一种将液体转化为气溶胶的方法,它利用高频率的声波(通常在 1-3MHz 范围内)在液体表面产生微小的液滴<sup>0</sup>。在电子烟中,超声波雾化器的主要组件是超声波换能器,也称为超声波振荡器,它可以将电能转化为机械能(即声波)。

超声波换能器通常由压电材料制成,如铅锆钛酸盐(PZT)或铌酸锂(LiNbO<sub>3</sub>)。这些材料在电场的作用下会发生形状变化(压电效应),产生机械振动。当这种振动传到液体中,会在液体表面产生高频率的压力波,形成液体的上升和下降,也就是我们所说的波峰和波谷。当波峰的压力超过液体表面张力时,会从液体表面抛出微小的液滴,形成雾化效果。

### 3.2 超声波雾化与电热雾化的比较

相比电热雾化技术,超声波雾化技术有几个显著的优点。

首先,超声波雾化技术的温度控制更为稳定。超声波雾化是通过机械振动而不是加热来产生雾化效果的,因此不会产生烟油过热的的问题。这不仅能够提供更好的口感,还能减少有害物质的产生。

其次,超声波雾化器的热量分布更均匀。由于超声波在液体中传播时会产生均匀的压力波,因此可以在整个液体表面产生雾化效果,而不是像电热雾化器那样只在电阻丝附近产生雾化。

再次,超声波雾化器的寿命更长,维护成本更低。由于超声波雾化器没有使用易损的电阻丝,因此不需要定期更换。此外,由于超声波雾化器的工作原理,烟油残留物在液体表面的积累较少,因此清洁的需求也更小。

最后,超声波雾化器对烟油的种类和成分没有太多限制。由于超声波雾化是通过物理振动实现的,因此无论烟油的成分和粘度如何,都可以在超声波雾化器中得到有效雾化。

### 3.3 超声波雾化器的设计和工作模式

超声波雾化器的核心组件是超声波换能器,它通常由两部分组成:

一部分是压电陶瓷片，另一部分是金属反射片<sup>9</sup>。压电陶瓷片负责产生超声波，而金属反射片则用于将超声波反射到烟油中。

在电子烟中，超声波雾化器的工作模式通常为脉冲模式。也就是说，超声波换能器不是连续工作的，而是在用户吸烟时才启动。这种模式可以有效地节省电池电量，同时减少烟油的浪费。

在使用超声波雾化器时，用户只需将烟油加入到装有超声波换能器的烟油仓中，然后启动电子烟，超声波换能器就会开始产生超声波，将烟油雾化为可以吸入的气溶胶。

### 3.4 超声波雾化器的性能优化

尽管超声波雾化技术在理论上具有许多优点，但在实际应用中，还需要通过性能优化来达到最佳的雾化效果。性能优化主要包括以下几个方面：

#### (1) 超声波频率的选择

超声波的频率直接影响雾化效果。一般来说，频率越高，产生的雾化粒子越小，但雾化效率也越低。因此，需要根据烟油的成分和用户的吸烟习惯，选择合适的超声波频率。

#### (2) 超声波换能器的设计

超声波换能器的设计对超声波的产生和传播有重要影响。需要通过材料选择、形状设计和驱动电路优化，使超声波换能器能够产生稳定、强大的超声波。

#### (3) 烟油仓的设计

烟油仓的设计也会影响雾化效果。烟油仓需要有足够的空间来存储烟油，并保证超声波可以在整个烟油仓内均匀传播。同时，烟油仓的设计也需要考虑到烟油的补充和超声波换能器的保护问题。

#### (4) 超声波雾化器的热管理

虽然超声波雾化器在工作过程中不会产生大量的热量，但是由于超声波换能器的工作效率并不是 100%，所以还是会有一部分电能转化为热能。为了保证超声波换能器的稳定工作和延长其使用寿命，需要设计有效的热管理方案。

#### (5) 超声波雾化器的控制系统

为了实现更好的用户体验和更高的雾化效率，可以通过智能化的控制系统，如微控制器或可编程逻辑控制器，对超声波雾化器的工作参数进行实时调整和优化。

### 4 超声波雾化技术在电子烟中的应用与研究进展

#### 4.1 超声波雾化电子烟的市场应用

超声波雾化技术在电子烟中的应用刚开始于 2018 年，当时一家名为 USONICIG 的公司推出了世界上第一款利用超声波雾化技术的电子烟——Rhythm。Rhythm 电子烟使用了一种 2.4MHz 的超声波振荡器，可以产生比传统电热雾化器更细小的气溶胶颗粒，提供更好的吸烟口感。此后，随着超声波雾化技术的进一步发展和优化，更多的电子烟公司开始研发和推出自己的超声波雾化电子烟产品。这些产品不仅在技术上有所创新，而且在设计和用户体验上也有不同的亮点。

例如，一些公司推出了具有温度控制功能的超声波雾化电子烟，用户可以根据自己的喜好，调节电子烟的工作温度，以获得不同的吸烟口感。还有些公司则推出了具有智能化控制系统的超声波雾化电子烟，可以通过手机应用程序实时监控和调整电子烟的工作状态。

#### 4.2 超声波雾化电子烟的研究进展

与市场应用相比，超声波雾化电子烟的科学研究则相对较少。但是，随着超声波雾化技术在电子烟领域的广泛应用，相关的研究也逐渐增多。

许多研究开始关注超声波雾化电子烟的健康影响。例如，有研究对比了超声波雾化电子烟和传统电热雾化电子烟产生的气溶胶颗粒的大小分布，发现超声波雾化电子烟产生的颗粒更小。也有研究则从化学成分的角度，对比了两种电子烟产生的烟雾中的有害物质含量，发现超声波雾化电子烟产生的有害物质更少<sup>10</sup>。

一些研究开始探讨超声波雾化电子烟的工作原理和优化方法。例

如，有研究通过建立数学模型和进行实验验证，研究了超声波频率、液体性质（如粘度、表面张力）以及超声波振荡器设计等因素对雾化效果的影响<sup>11</sup>，为超声波雾化电子烟的优化提供了理论指导。

还有一些研究则关注超声波雾化电子烟的可靠性和耐用性问题。例如，有研究通过长期的使用测试和故障分析，研究了超声波雾化电子烟的故障模式和影响因素<sup>12</sup>，为提高其可靠性和耐用性提供了依据。

### 4.3 超声波雾化电子烟的未来发展

尽管超声波雾化电子烟在市场应用和科学研究上已取得了一些进展，但仍面临一些挑战，需要在未来的研发和应用中加以解决。

首先，超声波雾化电子烟的健康影响仍需进一步研究。虽然现有的研究已经表明超声波雾化电子烟相比传统电热雾化电子烟产生的有害物质更少。但是，由于超声波雾化电子烟产生的气溶胶颗粒更小，需要进行更多的临床研究，以明确超声波雾化电子烟的健康影响。

其次，超声波雾化电子烟的性能优化仍有很大的空间。目前，超声波雾化电子烟的工作原理和优化方法尚未完全明确，需要进行更多的基础研究和应用研究。同时，超声波雾化电子烟的可靠性和耐用性也有待提高，需要通过改进设计和优化制造工艺，提高其在长期使用中的稳定性和耐用性。

最后，超声波雾化电子烟的市场接受度还需要提高。虽然超声波雾化电子烟在技术上具有很大的优势，但是，由于其价格较高，使用方式和体验与传统电热雾化电子烟存在明显差异，因此，其市场接受度并不高。因此，需要通过市场调研和用户体验设计，提高超声波雾化电子烟的市场接受度。

在长远的未来，超声波雾化电子烟可能会成为电子烟领域的一个重要发展方向。超声波雾化技术不仅可以提供更好的吸烟体验，还可以通过优化设计和控制，实现更高的雾化效率和更低的有害物质产生。同时，超声波雾化技术也可以与其他新技术和新材料相结合，例如，可以与纳米材料、生物材料、智能控制技术等相结合，开发出更多的创新产品。

### 5 结语

总结起来，超声波雾化技术以其独特的优势和潜力正在逐渐改变电子烟领域的面貌。尽管其面临技术挑战、市场接受度问题和监管挑战，但随着研发的深入和市场认知的提高，超声波雾化技术的未来在电子烟领域充满了广阔的发展前景。未来，我们期待看到更多的超声波雾化电子烟产品的出现，并深刻地影响和改变电子烟行业的发展趋势。

### 参考文献：

- [1]牛淑洁,于涛,陈焰等.电子烟加热丝雾化技术探析[J].电子测量技术,2018,41(17):119-122.DOI:10.19651/j.cnki.emt.1801875.
- [2]唐宇,王克强,刘传菊等.基于 SCT89C52 单片机的无线超声波雾化系统的设计[J].农机化研究,2012,34(09):146-149.DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2012.09.026.
- [3]卢少权.超声波雾化器设计[J].科学技术创新,2017(27):115-116.
- [4]黄平,黄建国,文雅萍等.两种电子烟气溶胶中 1,2-丙二醇、丙三醇、烟碱及甲醛的逐口释放行为[J].烟草科技,2021,54(07):70-75.DOI:10.16135/j.issn1002-0861.2020.0540.
- [5]沈政,孙中圣,李苏宁.超声波喷嘴雾化性能影响因素的研究[J].液压与气动,2016,No.303(11):20-23.
- [6]张建桃,汤镇安,尹选春等.液体物理性质对微孔压电超声雾化效果的影响[J].江苏农业科学,2018,46(19):231-237.DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.061.
- [7]李桂明.超声雾化器与压缩雾化器的工作原理与故障维修[J].医疗装备,2017,30(15):84-85.

作者简介：严志国(1973 年 11 月)，男，汉族，湖南省华容县，本科，总工程师，现主要从事电子烟雾化器的研究。