

卷烟接装纸曲线激光打孔机技术研究

彭宝剑 彭文博 李文亚 郭长喜 张豪敏
(河南省联发纸业有限公司 河南 许昌 461500)

摘要: 传统的卷烟接装纸激光打孔是1~4排直线排列的小孔, 本文介绍了一种可以实现高速曲线打孔的“集成图形”打孔技术方案。该方案通过同一个聚焦系统同时打出N个小孔, 利用N个小孔的重复排列实现长度方向的曲线打孔。实践证明该方案可以满足高速打孔需要, 是企业提高接装纸质量的一种新的尝试。

关键词: 接装纸激光打孔; 曲线打孔; 打孔透气度

1 技术背景

我国是世界香烟生产和消费大国, 随着人民生活水平的提高和对自身身体健康的日益关注, 降低卷烟的焦油含量、减少尼古丁对人体的危害成为消费者日益关注的焦点。

基于打孔卷烟接装纸的滤嘴通风技术, 是降低焦油含量的简单基本方法, 其原理是通过打孔的通风滤嘴将外界空气引入到卷烟的主流烟气中, 使主流烟气的有害成分相对降低。有研究表明, 通过空气稀释作用可减少有害物质如焦油、尼古丁、一氧化碳等的摄入量, 于是透气打孔接装纸应运而生, 作为更新更有效的降焦技术取得迅猛发展。

接装纸打孔方式主要有机械穿孔、电火花打孔、静电打孔、激光打孔四种。其中激光打孔由于具有透气度稳定和准确性高的特点, 能够保证卷烟的口感和品质的稳定可靠, 从而成为目前广泛采用的方式。作为降焦有效手段的接装纸激光打孔技术, 目前所打出的小孔都是直线排列的。激光打孔设备可以很方便地通过调整打孔的间距和孔径达到调整透气度的目的, 但所有孔的排列只能是直线型的, 一般排数可以是1~4排可以变化。

卷烟作为一种特殊的产品, 外观往往直接影响卷烟的档次。因此滤嘴通风技术提出后不久, 人们就提出是否能够将激光打孔的排列形式作出更丰富的设计, 接装纸生产厂家也曾提出一些特殊打孔接装纸的设想。但是真正开始实施具体的接装纸激光打孔方案, 人们才发现改变目前直线打孔难度很大, 真正意义上的曲线打孔接装纸一直停留在纸面设想上, 国际国内曲线打孔接装纸仍然是空白。

华中科技大学陈培锋课题组提出集成打孔概念技术, 我们认识到可以通过这个技术的进一步开发, 开发出

实际的曲线打孔技术。为此我们大力开展了相关技术研发, 通过长期努力成功开发出接装纸激光打孔技术。

我国品牌卷烟受假烟的冲击特别大, 市场上打击假烟的难度也越来越大。曲线打孔技术难度很大, 因此不易被模仿伪造, 同时打孔效果又可以被方便的识别, 因此曲线打孔技术除了上述的降焦和美观, 还可以被赋予一定的防伪功能。曲线打孔技术能够根据特定品牌香烟的需求而在卷烟接装纸上打出需要的曲线图形小孔分布, 可以实现品牌香烟防伪的功能。在香烟过滤嘴上打出独特的曲线图形小孔分布, 可有效打击假烟, 保护烟民的切身利益和健康。

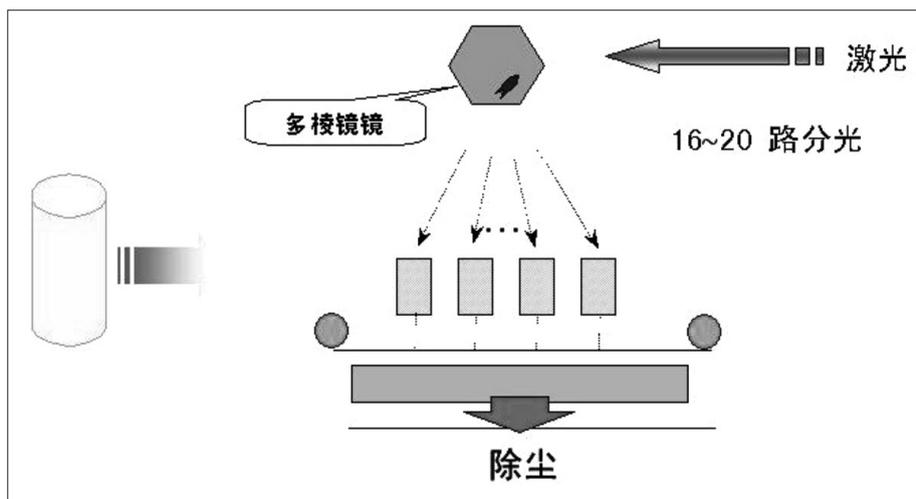


图1 多棱镜分光激光打孔原理图

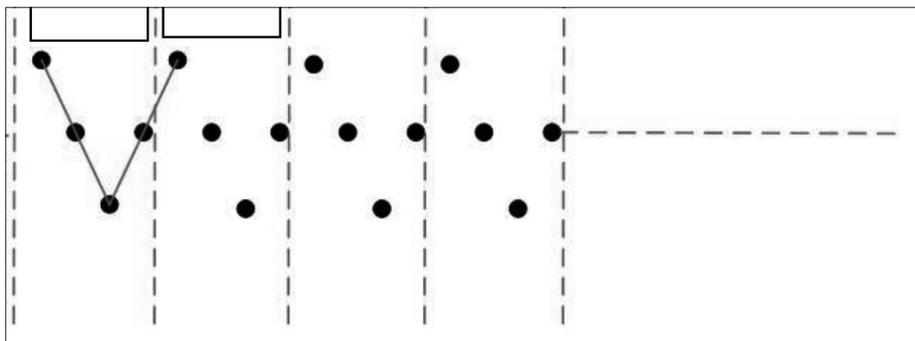


图2 由4个孔单元组成的锯齿(V字)形曲线打孔

2 曲线打孔技术方案实现

激光打孔系统的基本方案有几种不同的方式，其最主要的区别在于高重复频率激光脉冲的形成，如图所示多棱镜分光技术是一种最常用的技术方案。将高功率连续 CO₂ 激光束投射到一个高速旋转的多面体棱镜上，旋转多面体棱镜将入射的激光束反射后依次扫入并行排列的一系列（如 8 个或 16 个）扩束光学系统中，进入 8 个或 16 个独立光学系统的光束被斩波为一束脉冲激光。将这若干束（如 8 束或 16 束）脉冲激光分别通过并行排列的聚焦光学系统聚焦在水松纸的不同部位就可以同时在水松纸上打出若干排（如 8 排或 16 排）无规律的小孔。

所谓曲线打孔，是指利用多个沿曲线重复排列的孔，实现在接装纸上无限长度上的规则打孔。下图就是一个利用 4 个小孔重复排列实现的锯齿形（或 V 字形）曲线打孔。

上述曲线打孔的基本单元，是 V 字排列的 4 个小孔，通过不断重复排列形成的锯齿曲线的排列。最初我们尝试采用将多排直线孔以一定顺序的方式排列形成“合成曲线”打孔，但经过长期实践发现实际各排直线孔的时序是随机的，无法实现有规律的排列。其后我们也尝试用一排孔通过前后摆动形成“摆动曲线”，但经过长期实践也发现一方面摆动速度跟不上打孔生产要求，另一方面“摆动”时序也无法实现与打孔时序保持吻合。

我们最终提出通过“集成图形”的方式，实现曲线图形接装纸打孔的技术方案。所谓“集成图形”的方法是通过一个光学系统同时实现上述 4 个（或多个）固定排列的孔型。这种“集成图形”打孔由于是通过同一个光学系统实现每个重复图形，故这个图形始终可以保持稳定不变，同时由于不需要其他机械运动（摆动）配合，所以不会影响目前的打孔生产速度。通过长期实践及多次失败，我们最终实现了上述打孔方案，成功地实现了生产速度下的曲线打孔。

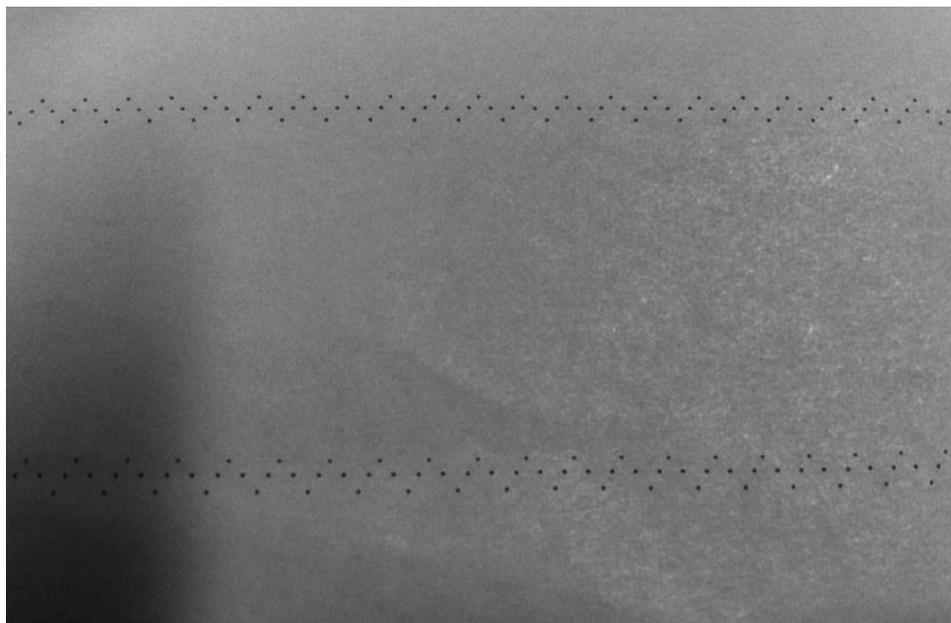


图 3 锯齿形（V 字）形接装纸小孔分布样品

3 “集成图形”技术方案

“集成图形”技术方案的基本思路，是通过多棱镜将连续激光分成 2N 路脉冲激光，再通过光束整形系统将 N 路脉冲激光按照时序合成到一个聚焦系统中，这 N 路脉冲激光合成一个由 N 个小孔作为基元的相对排列，通过多棱镜的旋转与接装纸的行走，配合输出曲线打孔。

需“集成图形”技术方案要在普通的多棱镜分光增加多个光学系统。可变光路系统需要根据不同曲线图形打孔的要求，将多棱镜分光激光能量集中到所需要的 2N 路脉冲激光中，每一路的能量根据打孔的需要控制。图形成型系统需要根据曲线图形打孔的要求，将可变光路系统整理过的 N 路脉冲激光根据曲线图形的要求重新会聚到一个激光聚焦系统中，保证每个激光聚焦系统中每次能够打出一组完整

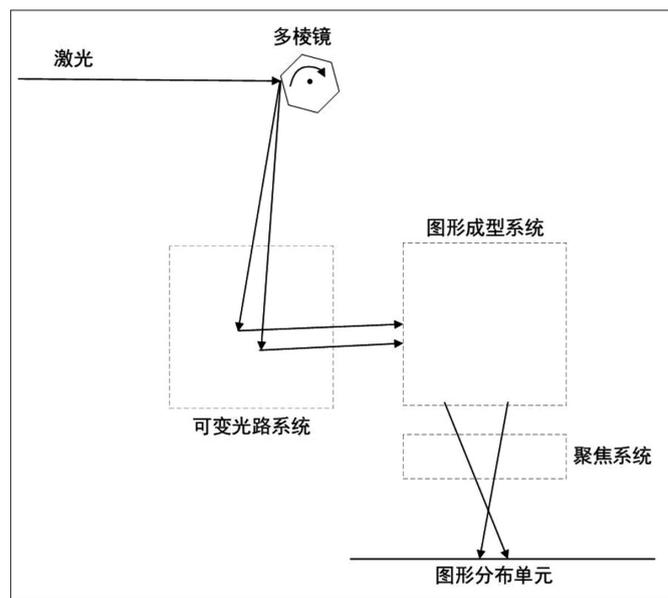


图 4 光路系统基本原理图

的曲线图形单元。激光聚焦系统的任务是将图形成型系统输出的多路脉冲激光束，传导聚焦到接装纸上，高功率激光经过聚焦后的功率密度足以将接装纸直接气化，从而在接装纸上打出小孔，而且能够根据图形成型系统的要求同时打出一组完整的曲线图形单元小孔。接装纸高速运动，高重复频率的激光脉冲在高速运动的接装纸上不断打出连续分布的小孔单元，最终合成连续的曲线图形打孔。一张完整的卷烟接装纸上对应两支卷烟，因此接装纸上需要打两排曲线图形小孔，分别由两个聚焦系统完成。

曲线图形打孔技术基于独创的单头“集成图形”多孔打孔技术思路，N 路激光通过单个打孔头聚焦到高

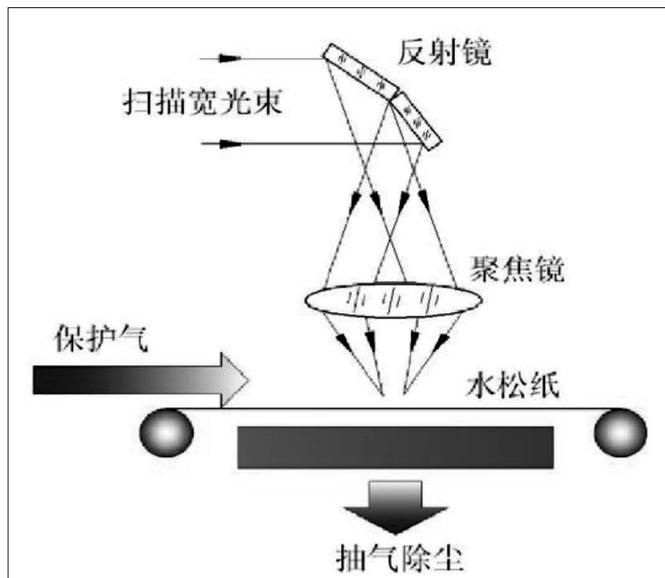


图 5 同一个聚焦系统实现多孔图形打孔示意图

速行走的纸面，单个打孔头同时实现 N 个孔打孔，由 N 个孔组成一个多孔单元排列，多孔单元排列的连续重复实现连续的曲线图形打孔。通过可变光路系统，实现曲线单元的可调整，实现高速高效曲线图形打孔功能。这种曲线图形打孔设备集中优化了目前高速高功率接装纸激光打孔机的优点，同时创新性地实现了曲线打孔技术，是我们在多年开发打孔机经验集成基础上的再创新，所开发的曲线打孔设备是国际首创。

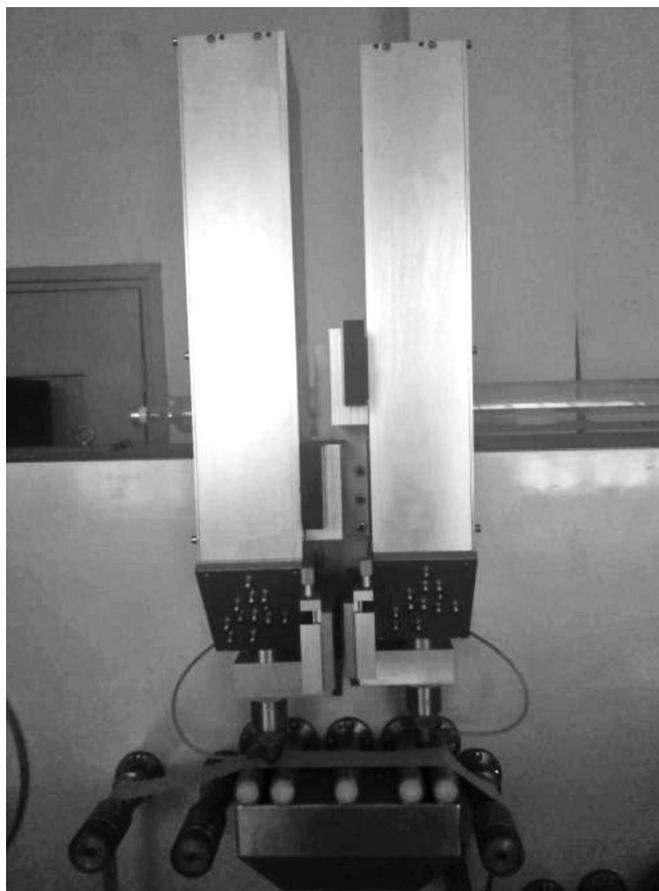


图 6 两个打孔聚焦系统分别实现两排曲线图形打孔

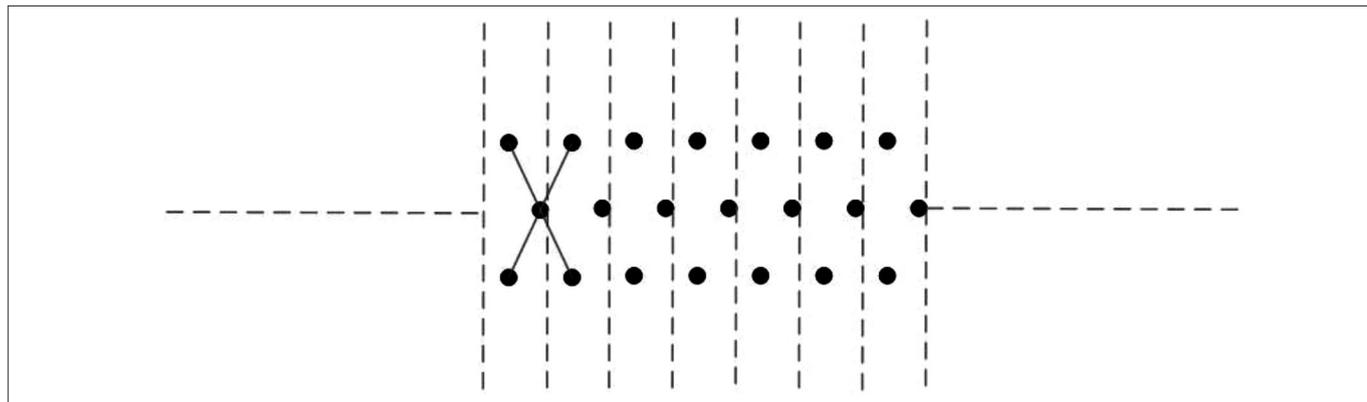


图 7a 由 3 个孔单元组成的 X 字形曲线打孔

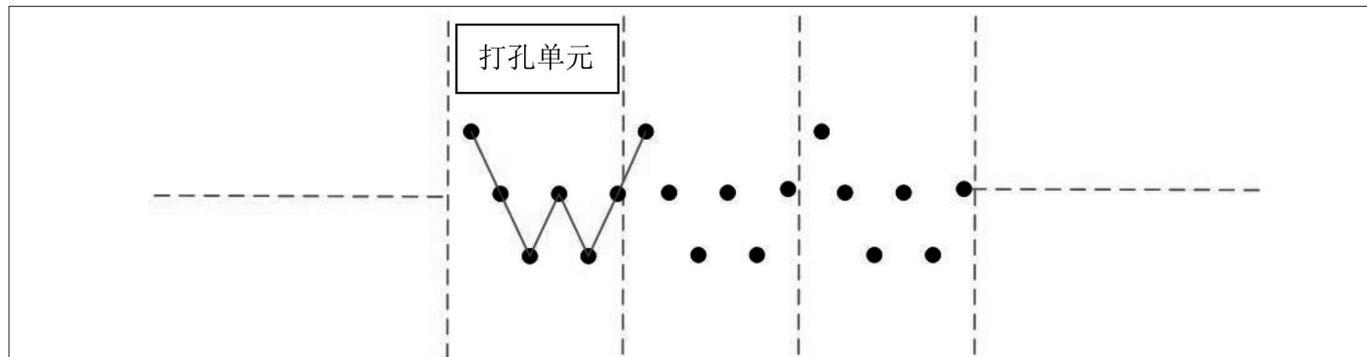


图 7b 由 6 个孔单元组成的 W 字形曲线打孔



图8 “集成图形”卷烟接装纸激光打孔设备

由于实际接装纸是同时打两支烟的孔，所以打孔机实际需要两个“集成图形”聚焦系统。

通过实践，可以实现多种曲线形式的打孔。

4 “集成图形”打孔实验

通过多年实践，初步实现了下述技术指标的长期实际运行：

激光器：200瓦连续波 CO₂ 激光器。

打孔头数：2(每个打孔头一次独立打出一个单元图形)

每个打孔头打孔数：2至8可变(2~8个孔组成一个单元图形)

多棱镜转速：最大30000转/分

单头打孔速度：最大约100万孔/分

孔径大小：0.06~0.2毫米

孔距：根据需要调整

实现锯齿形V字曲线打孔，图形稳定

走纸速度：最大600米/分

计长精度：整卷误差在1%以内

盘纸宽度：48~78毫米

透气度：50~2500 CU (corest)

5 结语

我们在多年实践的基础上，提出“集成图形”接装纸打孔技术，成功地独创了通过多个小孔周期排列的“曲线打孔”方案。本技术方案通过采用独特的集成聚焦头光学技术和多棱镜配合，可根据不同品牌卷烟打孔需求打出设定曲线图案的小孔分布。该技术是目前国际上唯一能够实现曲线图形打孔的技术，可以综合提高卷烟防伪、降焦及美观功能。

参考文献：

[1] 温煦, 方细玲, 刘丹. 接装纸打孔技术浅析[J]. 科技信息, 2014(15), 95.

[2] 陈慧斌, 胡素霞, 叶明樵等. 接装纸打孔对卷烟质量的影响[J]. 中国烟草学会工业专业委员会2010年烟草工艺学术研讨会论文集, 227-233.

[3] 杨建敏, 陈源. 接装纸激光打孔技术综述[J]. 印刷世界, 2012(6), 21-23.

[4] 何金星, 代家红. 香烟水松纸打孔技术及设备制造技术——激光打孔、激光异形打孔、多单元电子打孔[C]. 中国造纸学会薄型纸专业委员会第十三届技术交流会论文集, 29-32.

[5] 周正. 双头双光点水松纸激光打孔设备的光路设计[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.

[6] 邓国华, 陈培锋, 毛俞霖. 水松纸激光打孔控制系统设计[J]. 机电工程技术, 2021, Vol.50(06), 148-150.

[7] 韩要轩, 陈培锋, 周卓尤等. 水松纸激光打孔技术研究[J]. 激光技术, 2002, Vol.26(5): 330-333.

