

LED-UV

绿色印刷 固化技术研究

张明鸣 李晋尧 著

LED-UV
Lüse Yinshua
Guhua Jishu
Yanjiu



文化发展出版社
Cultural Development Press

内容提要

本书是作者对LED-UV固化技术在印刷行业应用的实验研究成果。全书从LED-UV固化原理、LED-UV印刷固化系统总体方案、油墨与光源匹配度、光源系统、散热系统、控制系统以及系统性能测试与分析等几方面进行了研究分析，所研究分析的技术具有一定的现实应用性，研究成果对行业技术人员具有一定参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

LED-UV绿色印刷固化技术研究 / 张明鸣, 李晋尧著. — 北京: 文化发展出版社, 2021.3

ISBN 978-7-5142-3361-2

I. ①L… II. ①张… ②李… III. ①紫外线上光-印刷术 IV. ①TS805

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第045063号

LED-UV 绿色印刷固化技术研究

张明鸣 李晋尧 著

责任编辑: 魏欣

责任校对: 岳智勇

责任印制: 邓辉明

责任设计: 侯铮

出版发行: 文化发展出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: www.wenhua fazhan.com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京建宏印刷有限公司

开 本: 700mm × 1000mm 1/16

字 数: 130千字

印 张: 7.5

印 次: 2021年5月第1版 2021年5月第1次印刷

定 价: 45.00元

I S B N : 978-7-5142-3361-2

◆ 如发现任何质量问题请与我社发行部联系。发行部电话: 010-88275710

前言

PREFACE

目前,在印刷行业辐射固化中,UV(Ultraviolet)固化是一种非常重要的形式,但传统的高压水银灯和金属卤素灯在UV固化光源的使用中占很大的比重,它们不但耗能高,含有对环境有害的重金属污染物,而且使用寿命短,更换得比较频繁。伴随着LED(Lighting Emitting Diode)技术的发展,LED-UV开始被大量使用。因此,如何保证LED-UV固化质量也就成为印刷行业所关心的一个重要课题。

本书针对LED-UV固化原理、LED-UV印刷固化系统总体方案、油墨与光源匹配度、光源系统、散热系统、控制系统以及系统性能测试与分析等几部分进行了全面描述。本书的内容与印刷行业生产实际密切结合,因而对于LED-UV固化技术的学习研究及应用具有重要参考价值。

全书共分为九章。第一章介绍了LED-UV固化技术的发展,使读者可以了解其发展历程及现状。第二章对LED-UV固化系统总体方案进行分析,概述了体现固化系统工作性能的参数,并根据设计要求,提出固化系统总体设计方案。第三章介绍油墨与光源匹配度实验情况,进行油墨与光源匹配度设计。通过实验,研究并分析油墨的紫外光强度吸收曲线分布和主要吸收波长范围,提出光源系统设计应以油墨的光谱分布为依据的方案。第四章进行了光源系统的设计分析,介绍LED-UV芯片发光机理和电学特性、LED的选用和组合方式设计、LED串并联方式设计、光源系统结构设计和恒流驱动电源的整体设计过程。第五章分析散热系统设计,介绍了传热学的基本理论、LED-UV固化系统的常用散热方式、计算传

热路径的热阻、分析产生较大热阻的主要影响因素、计算光源系统的散热量、利用 FLUENT 仿真不同流道结构散热板的散热性能,设计出散热性能良好的散热系统。第六章介绍了控制系统设计方案,对各传感器的工作原理、控制系统硬件电路设计、触摸屏的工作界面设计和控制系统程序设计进行了详细说明。第七章介绍了系统性能测试与分析,通过对固化系统紫外辐照度、驱动电源电流精度和稳定性进行测试,验证系统的工作可靠性。第八章对本书的具体内容及成果做出总结,在此基础上,提出后续可进一步研究的内容。第九章提出了反光倍增 LED-UV 固化装置、照射功率自动调节 LED-UV 固化装置、LED-UV 复合光源快速固化装置三种设计方案,为后续的相关研究提供了设计思路的拓展。

本书由北京印刷学院张明鸣老师和李晋尧教授主编。本书的编写过程依托了数字化印刷装备北京市重点实验室、印刷装备北京高等学校工程研究中心,得到了北京市绿色印刷与出版技术协同创新中心(2011 协同创新中心)及北京市教育委员会科技项目“UV-LED 阵列式油墨固化光源系统关键技术研究”课题经费的支持。张贵山、马少茹、米涛等研究生为本书的编写付出了辛勤的劳动,在此表示感谢。同时感谢文化发展出版社对本书的大力支持及付出的辛勤工作。本书在编写过程中,参阅了大量的国内外文献,这些文献的研究成果,使本书内容更加丰富,在此向有关作者表示感谢。

由于编者的学识与能力有限,不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2021 年 2 月

目 录

CONTENTS

第一章 概述	001
第二章 LED-UV 印刷固化系统总体方案设计	005
2.1 固化系统的主要性能参数	005
2.2 固化系统的设计要求	006
2.3 固化系统的总体方案设计	007
第三章 油墨与光源匹配度设计	010
3.1 UV 油墨的组成	010
3.2 UV 油墨的固化机理	011
3.3 UV 油墨光谱分析实验	012
3.3.1 实验原材料	012
3.3.2 实验主要设备及仪器	013
3.3.3 实验基本设计思想	013
3.3.4 实验测试方法	013
3.4 UV 油墨实验测试结果和分析	013
3.4.1 油墨实验测试结果	013
3.4.2 油墨实验数据分析	017

第四章 光源系统设计	021
4.1 LED-UV 的发光机理和电学特性	021
4.1.1 LED-UV 的发光机理	021
4.1.2 LED-UV 的电学特性	022
4.2 光源系统的结构设计	023
4.3 光源系统的驱动电源设计	024
4.3.1 LED 串并联方式设计	024
4.3.2 光源驱动技术方案	027
4.3.3 LED 驱动电源设计	030
第五章 散热系统设计	036
5.1 传热学理论基础	036
5.2 LED-UV 固化散热方式	037
5.2.1 风冷散热	037
5.2.2 液体冷却散热	038
5.2.3 热管散热	038
5.3 LED-UV 封装结构	039
5.4 散热系统的热性能参数	042
5.4.1 结温和热阻	042
5.4.2 传热路径温差计算	043
5.5 散热板结构设计	044
5.5.1 单路折流式流道分析	045
5.5.2 多路平行式流道分析	047
5.5.3 折流平行式流道分析	049
第六章 控制系统设计	052
6.1 控制系统整体设计方案	052
6.2 控制系统硬件设计	053

6.2.1	电子器件选型	053
6.2.2	硬件电路设计	057
6.3	控制系统软件设计	061
6.3.1	触摸屏人机界面设计	061
6.3.2	控制程序设计	063
第七章	系统性能测试与分析	067
7.1	测试内容和目的	067
7.2	实验测试和结果分析	067
7.2.1	紫外辐照度测试	067
7.2.2	驱动电源测试	068
第八章	结 论	071
第九章	设计思路拓展	073
9.1	反光倍增 LED-UV 固化装置设计	073
9.2	照射功率自动调节 LED-UV 固化装置设计	079
9.3	LED-UV 复合光源快速固化装置设计	083
附录	不同油墨紫外光吸收强度对比	092

第一章 概述

1997年,日本的中村修二研制成功了第一个产生紫外光的LED(Lighting Emitting Diode,发光二极管),即LED-UV(Ultraviolet,紫外线)。LED光源具有功耗低、亮度高、寿命长、尺寸小等优点。LED-UV是一种利用LED发出的紫外光与油墨中的光引发剂产生光化学反应,使承印材料干燥的一种节能、环保、经济的绿色干燥技术。其中,LED-UV干燥光源是LED光源发展中的一个重要应用,是LED从照明用途光源转为产业用途光源的关键一步。2008年,在德鲁巴国际印刷展上,INX(Triangle Digital INX Co.)数字公司推出了应用于喷墨印刷机的LED-UV干燥系统,日本利优比(RYOBI)公司展示了适用于胶印机的LED-UV干燥技术。从此,LED-UV干燥技术便引起了UV干燥领域的广泛关注。

目前,在印刷行业辐射固化中,UV固化应用领域最为广泛,但传统的高压水银灯和金属卤素灯在UV固化光源的使用中占很大的比重,它们不但能耗高,含对环境有害的重金属污染物,而且使用寿命短,更换得比较频繁。伴随着LED技术的发展,LED-UV也在市场上出现而且被大量使用。日本、美国等国家陆续研制出了大功率的LED-UV,其工作波段集中在固化波段395nm附近,使LED在固化领域的应用成为现实的可能性得到了大大提升。

LED-UV固化的印刷方式和传统UV固化相比,主要的优点如下。

(1) 节能。能源消耗大大地被降低,同样的固化效果,耗电量可以减少80%~90%。

(2) 环保。LED-UV固化设备在使用过程中没有臭氧和VOCs(挥发性有机物)产生,不需要印刷生产中常用的辅助设备,比如除味装置和排风管道等。

(3) 工作空间更加灵活。LED-UV芯片是点光源,可以根据承印物的形状和尺寸任意调整光源排列方式。

(4) 使用寿命较长, 降低了更换光源的频率。传统 UV 光源可用时长为 1000 ~ 1500 小时, 而 LED-UV 使用时间可达 20000 小时以上, 寿命基本是前者的 20 倍。

(5) 工作效率更高。LED-UV 光源可以瞬时打开(关闭)而不影响发光效果, 而传统的 UV 固化光源开启后需要 1 ~ 2 分钟预热时间才能正常工作, 关闭后需要 4 ~ 5 分钟冷却时间才能进行下一次开启, 因此在实际生产中, 传统 UV 光源会一直打开, 从而造成很大浪费。

(6) 辐射热量小。LED-UV 属于冷光源, 其光源电能转换为紫外光的效率很高, 因此用在印刷固化的工作过程中热量会产生得比较少, 对于纸张、薄膜等受热易变形的承印物, 使用 LED-UV 光源会很大程度减少其变形, 有利于做到高精度套印印刷, 而且印刷机及其机械部件受到这种热影响较小。

LED-UV 光源和传统 UV 光源结构如图 1-1 和图 1-2 所示。

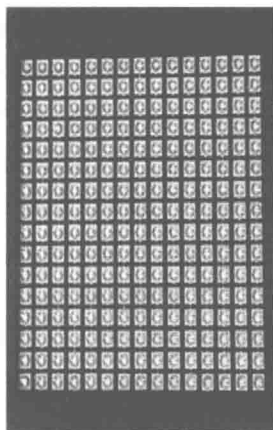


图 1-1 LED-UV 光源

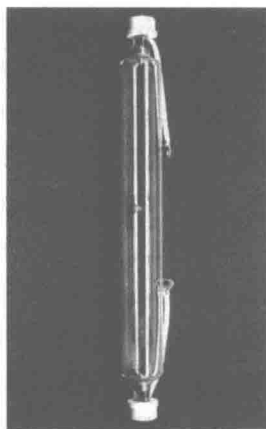


图 1-2 传统 UV 光源

LED-UV 固化技术可广泛应用在印刷、涂料和黏合剂等领域。由于广阔的市场需求, 国内外很多企业都投入该产品的研究与开发。在涂料领域的应用主要包括: 木材与氯乙烯、电子设备、汽车、乐器及夹具上的 UV 固化; 在黏合剂领域的应用包括: 电子、工业、医疗、光学及其他众多领域的 UV 固化。LED-UV 固化技术还可广泛应用于电子装配领域。LED-UV 固化技术由于广阔的市场需求及应用价值, 引起世界各国的高度重视。

在印刷领域, LED-UV 固化技术已经成为印刷领域的研究热点, 世界各国与印刷相关的企业纷纷加大投入开展研究。LED-UV 印刷固化技术自出现以来, 就

十分符合印刷行业倡导的高效、节能、环保的发展趋势，并广泛适用于柔性版印刷、丝网印刷、平版印刷以及喷墨印刷等领域，未来在印刷行业进一步推进 LED-UV 印刷固化技术的普及必然是大势所趋。由此可见，设计 LED-UV 印刷固化系统具有重要的现实意义。

国外很多企业在研制 LED-UV 固化设备方面已有很大的进展。2008 年 INX 公司把 LED-UV 技术应用在印刷固化上，在德鲁巴印刷展上展示了一套适用于数码喷墨印刷的 LED-UV 印刷固化系统，得到了很大的关注。

2009 年日本三菱重工（Mitsubishi Heavy Industries）推出了 LED-UV 油墨固化系统，该系统应用于胶版印刷机（DIAMOND V3000）上，工作效果良好。

2011 年美国 Empire Screen Printing（丝网印刷机生产厂家）推出了 LED-UV 固化丝网印刷机，配合使用专用 Nazdar 丝网印刷油墨，工作效果良好。

2012 年在德鲁巴印刷展上，美国锋翔（Phoeson）科技公司推出了 TL2024 LED-UV 喷墨数码印刷机。

2014 年德国贺利氏（Heraeus）推出 LED-UV2020 印刷固化系统用于印刷饮料瓶和平面玻璃的丝网印刷机上。

2016 年美国锋翔（Phoeson）科技公司研发了大幅面辐照度为 $8000\text{mW}/\text{cm}^2$ 的 LED-UV 印刷固化系统，该系统用于薄膜印刷。

日本利优比公司的 LED-UV 固化设备已经安装在其生产的利优比 1050 系列、920 系列、785 系列、750 系列、525 系列胶印机上。2016 年，国内首台 LED-UV 印刷机利优比新菱 928P 落户郑州。

利优比 750 系列胶印机所安装的 LED-UV 干燥系统与同机型胶印机安装的传统 UV 干燥系统（两个水银式 UV 灯管）的技术参数及性能比较，如表 1-1 所示。

表 1-1 LED-UV 干燥技术与传统 UV 干燥技术特点比较

干燥方式	LED-UV 干燥	传统 UV 干燥
耗电量	4.8kW	47kW
臭氧的产生	无臭氧产生，无须排气管	产生臭氧，需要排气管排除臭氧
光源寿命	15000 小时	1000 小时
光源亮灯及灭灯时间	瞬间开启、瞬间关闭	预热 1 分钟、冷却 4 分钟
红外辐射	发热很少	发热量大，UV 灯管正下方高温
照射范围控制	根据纸张尺寸可改变照射宽度	只能整支灯管点亮
干燥装置安装尺寸	采用紧凑的控制柜和冷却装置	控制柜和冷却装置大，需鼓风机

国外的 LED-UV 印刷固化技术经过多年发展,已经逐步应用到了数码印刷、胶版印刷、标签印刷、丝网印刷等多种印刷方式中,并且也取得了很多成果,但仍然有较广阔的发展空间,包括大功率 LED 芯片集成、油墨配方的改进、微透镜技术、光源系统部件的优化等。

目前,国内的很多企业也在进行 LED-UV 印刷固化系统的研究,江苏广发电推出了 LED-UV 印刷固化系统可用于 DF330 双色柔印机,该系统由光源模组、控制系统和散热系统三个部分组成。深圳蓝谱里克推出了应用于丝网印刷的 LED-UV 印刷固化系统。深圳仁为研发了最新的 BWRL-1600mm-A 系列 LED-UV 印刷固化系统用于平版印刷机。青岛莱伊迪研发了 LED07260 系列 LED-UV 印刷固化系统应用于商标印刷机,其控制系统能够根据承印物的速度变化随时调节功率输出。此外,深圳赛特紫光科技有限公司、深圳市君硕实业有限公司等也研发出了各自的 LED-UV 印刷固化系统。

复旦大学张善端团队研制出 10kW 大功率紫外 LED 固化系统,进行光纤表层油墨材料的固化,相比于传统 UV 固化方式,该系统以 1/5 能耗,实现了更高的紫外辐照度。大连海事大学赵欢等人研制出了一种阵列型 LED-UV 固化系统,可灵活调节辐照面上的光功率密度分布,使得三维物体固化成为可能。

LED-UV 印刷固化技术以其高效、节能、无 VOCs、无臭氧、工艺温度低等特点,势必在标签印刷、丝网印刷、胶版印刷、喷墨印刷以及 3D 打印等领域逐步替代传统 UV 印刷固化技术,因此,继续优化 LED-UV 固化效果,扩大其适用领域,是当前业界的主要任务。

随着半导体技术和 LED 制造技术的进步、芯片集成技术的提升、油墨配方的改进、散热技术的提高、光源部件的优化、电源技术和控制技术的合理应用,开发出大功率、高速度、发射波长与光引发剂吸收波长匹配、光强在三维可控、结构更简单的 LED-UV 印刷固化系统,将是 LED-UV 印刷固化技术的发展方向。

第二章

LED-UV 印刷固化系统 总体方案设计

2.1 固化系统的主要性能参数

印刷固化系统的工作性能要用一些参数进行体现, 这些性能参数包括: 光谱分布、紫外辐照度、辐射量、光源使用寿命、固化幅宽和固化距离等。

(1) 光谱分布

光谱分布是指光的辐射功率随波长变化的函数。LED-UV 光源的光谱分布具有一个能量很高的主峰波长和很窄的光谱波段, 能量分布非常集中, 因此可以根据 UV 油墨的光谱吸收峰按需选用不同光谱分布的 LED-UV 光源, 这就使得 LED-UV 印刷固化以很低的能耗, 实现了很好的固化效果, 可以降低油墨材料中光引发剂的用量, 从而降低生产成本。

(2) 紫外辐照度

紫外辐照度是指单位面积上紫外光照射到承印物上的功率。紫外辐照度越大, 固化效果越好, 固化速度越快。在相同光引发剂的固化条件下, 高强度的 LED-UV 固化光源可以加快印刷过程中的固化速度和深度。对于墨层很厚的印刷方式, 如果提供的紫外辐照度不足, 就会出现印品表层油墨固化而深层油墨仍然不干的现象。

(3) 辐射量

在其他条件不变的情况下, 增加光照时间可以增加辐射量, 但这对深层干燥

的影响很小。据研究表明,直接影响干燥速度的是辐照度,而靠增加辐射量对深层干燥和干燥速度的影响不大,故不能通过增加紫外照射时间来弥补紫外辐照度的不足。因为墨层表面能量积累过多,就会出现油墨开裂现象,严重影响印刷质量。

(4) 光源使用寿命

光源使用寿命是指 LED 芯片的光衰达到一定程度后,出现固化效果明显变差、发射出的主峰光谱波长发生偏移、发热量增大等现象。这时即使提高光源功率,也几乎不能提高固化效果。光源使用寿命与 LED 芯片结温呈指数关系,长时间使结温过高,将会急剧缩短芯片使用寿命。根据光源使用寿命和结温的关系可知,当芯片结温一直稳定在 50℃ 以下时,光源使用寿命可以达到 20000 小时以上。

(5) 固化幅宽

固化幅宽是指 LED-UV 印刷固化光源的照射范围宽度。当承印物的宽度发生变化时,固化幅宽也要随之变化,这样会减少系统能耗。海德堡 SM52 印刷机最大印张尺寸为 370mm × 520mm,最小印张尺寸为 105mm × 145mm,当承印物的宽度变化时,固化幅宽应能够随宽度变化进行调节,因此需要控制系统调节驱动电源,进而调节固化幅宽。

(6) 固化距离

固化距离是指光源和承印物之间的距离,固化距离可根据承印材料和墨层厚度的变化进行调整。紫外线在空气中存在衰减现象,波长越短,衰减速度越快,因此固化距离一般在 7 ~ 9mm 为宜。固化距离过大,会使照射表面的紫外辐照度分布不均匀;距离过小,会使承印物表面温度过高,引起变形。

2.2 固化系统的设计要求

UV 油墨和光源的匹配是 LED-UV 固化系统设计的主要问题。LED-UV 对固化材料的固化效果是由光引发剂材料的 UV 吸收率决定的,因此,LED-UV 的发光光谱与光引发剂的吸收光谱的匹配程度对体系固化起着直接的、决定性的作用。由于传统的 UV 固化是采用汞灯或金属卤素灯,它们的光谱分布广泛,可以满足印刷固化要求,而且 UV 油墨的光谱吸收曲线也不是只有单一的峰值,用于实际生产的 UV 油墨,其光谱吸收曲线在 360 ~ 420nm 的范围内具有多个吸收峰。不同的 LED-UV 芯片,其发光光源波长范围和能量分布也是完全不同的,芯片厂商提供的 LED-UV 芯片的光谱分布分别为 365nm、375nm、385nm、395nm、

405nm。因此,要求 LED-UV 光源要尽可能多地匹配油墨的光谱吸收峰。另外,还要通过实验确定 LED-UV 排列方式,这样才能使固化光源有很好的固化效果。

经查阅大量实验数据可知,在紫外辐照度达到 $6000\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上时,就能使胶版印刷方式中的大多数承印物上的 UV 油墨完全固化。对于特殊材料或墨层厚度很大的印刷方式,应该通过实验确定紫外辐照度。因此,LED-UV 印刷固化系统的紫外辐照度至少应达到 $6000\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

最大固化幅宽为 540mm 的固化系统,达到 $6000\text{mW}/\text{cm}^2$ 的紫外辐照度,本书设计中使用了 840 颗 LED 芯片,这些芯片需要进行合理的排布方式设计和串并联电路设计才能使其可靠工作。进行排布方式设计时,需要考虑芯片的可更换性,当其中一个芯片损坏时,要做到尽可能减少其余芯片的更换,使其维护方便并降低维修成本。进行电路设计时,需要考虑任意芯片短路或者断路时,系统仍可在较长时间内稳定工作,减小对其相连电路的影响,使系统具有较高的可靠性。

光源的驱动电路设计也是 LED-UV 印刷固化系统需要解决的一个难题,因为固化系统的稳定性和使用性能都和光源驱动有很大的关系。驱动电路中电流的大小,影响着 LED 的使用寿命和系统的输出功率。

所设计的固化系统光源,其 LED-UV 芯片一般以阵列形式排列,芯片间距一般小于 1.5mm,靠自然冷却散热的方式无法维持芯片结温在 50°C 以下,因此散热系统的设计就是必不可少的。设计散热系统时,应分析热量从 PN 结产生,然后传递到外部环境的全部影响因素,从而确保散热系统的可靠工作。

为了提高印刷固化系统的可控制程度,要求控制系统经控制器开启(关闭)印刷固化系统,能够采集固化系统的电压、电流、印品幅宽、印刷速度和散热器的温度,并可通过上位机实时显示电压、电流、功率、幅宽和速度;温度过高时,提示报警信息;能够根据承印物幅宽变化,经控制器控制自动调节固化幅宽;能够根据印刷速度的变化,调节印刷固化系统的输出光功率。

2.3 固化系统的总体方案设计

根据上述的设计要求,提出了总体设计方案,确定了 LED-UV 印刷固化系统主要由光源系统、散热系统和控制系统三部分组成,方案设计图如图 2-1 所示。

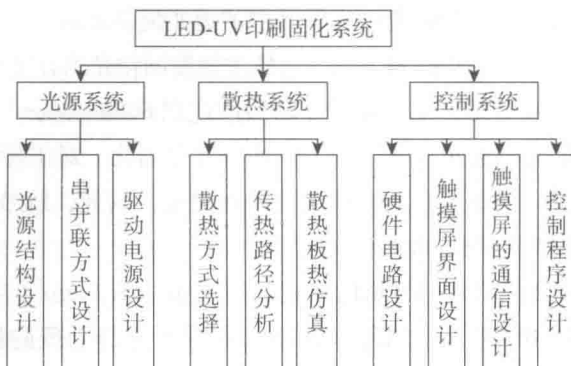


图 2-1 固化系统总体方案设计图

1. 光源系统设计

根据 LED-UV 芯片不同的排列方式，可把光源系统分为点、线和面光源。点光源是单个芯片形成的光源，线光源是多个芯片排列成一行形成的光源，而面光源是多个芯片排列成多行多列形成的光源。点光源和线光源构成的光源系统功率很小，无法满足印刷固化的要求，因此光源系统选用面光源形式排列。

整块光源面板由很多小光源基板组成，当某个光源基板上的 LED-UV 芯片损坏时，只更换此块基板即可，这样就节约了维护成本。在设计要求中已经提出，任意 LED-UV 芯片的短路或断路不能影响整个系统的工作，因此要进行串并联方式的设计。

为了方便调节，把光源系统分为多个区域，每个区域由单个独立驱动电源进行供电，称为固化区域。每个固化区域的工作电压远小于电网供电电压，所以不能直接对固化区域进行供电，必须设计驱动电源，通过驱动电源把 220V 交流电转换为稳压电源或者恒流电源。由于 LED-UV 对温度的变化很敏感，因而在工作时要对其保护，并稳定其工作状态。因此，设计其驱动电源为恒流工作模式，驱动电源可由外部控制器进行在线控制，方便输出功率调节。

2. 散热系统设计

LED-UV 结温上升时，其性能会有较大变化，主要体现在以下几个方面。

(1) 发光效率会降低，表现为 LED-UV 发光量减小。

(2) 光源使用寿命缩短，使用寿命和工作结温直接相关，如果能够把工作结温控制在 50℃ 以下，则使用寿命可以达到 20000 小时以上。

(3) 主峰波长发生偏移，LED-UV 是光谱分布很窄的单色光，温度上升时，会出现光谱红移现象。在设计散热系统时，首先要根据印刷固化系统的输出热功

率、工作空间来确定所用散热方式；然后计算传热路径中各部分的热阻，并分析产生热阻的因素；最后进行散热器的设计，通过软件建立不同结构散热器的三维模型，使用 FLUENT 热仿真软件模拟不同状态下散热器的温度场分布，综合对比各影响因素，最终完成散热系统的设计。

3. 控制系统设计

本设计中使用了具有抗工业干扰能力的 STM32 单片机作为主控制器。根据设计要求，控制系统的设计包括传感器选型、硬件电路设计、触摸屏界面设计、触摸屏与 STM32 单片机的通信设计和控制程序设计等部分。

控制系统的工作流程如下：当有承印物通过时，电压、电流、光电、速度和温度传感器分别检测印刷固化系统的工作电压、电流、承印物幅宽、印刷速度和散热系统温度，单片机会通过相应的程序处理这些相关输入信号，然后单片机把处理后的信号通过串口发送到触摸屏，触摸屏会实时显示印刷固化系统工作电压、电流、功率、承印物幅宽、印刷速度，还可以提示高温报警信息。当承印物幅宽发生变化时，单片机可控制驱动电源调整光源系统的固化区域；当印刷速度发生变化时，单片机可调节驱动电源输出功率，调节光源系统的紫外辐照度。

第三章

油墨与光源匹配度设计

UV 油墨具有干燥速度快、无污染、印刷质量高等优点，所以在印刷行业中得到了越来越广泛的应用。UV 油墨的固化速率是油墨的重要性能之一，决定了印刷速度。而光引发剂作为光固化体系中的关键组分，不仅决定了固化速率，也决定了固化程度。根据光引发剂的吸收波长，可分为紫外光引发剂（吸收紫外光区 250 ~ 400nm）和可见光引发剂（吸收可见光区 400 ~ 700nm）。LED-UV 固化多集中在 395 ~ 405nm，LED 光源发射的通常是范围极窄的单一波长线，无法与 UV 油墨相匹配，这就增加了 LED-UV 光固化的难度。

本设计研究的 LED-UV 光源主要波段在 UVA（315 ~ 420nm）范围内，要提高 LED-UV 在固化应用领域的渗透率，就要做到能很好地固化 UV 油墨，其关键是优化 LED-UV 固化设备的发光光谱，因此，就需要分析研究 UVA 波段内油墨的紫外吸收谱图。

3.1 UV 油墨的组成

UV 油墨主要由颜料、齐聚物、活性稀释剂、光引发剂及其他助剂组成。其中，齐聚物、活性稀释剂构成了油墨的连接料，决定了油墨的印刷性能及干燥性能。光引发剂能吸收辐射能，经过化学变化产生具有引发聚合能力的活性中间体的物质，它是任何 UV 固化体系都需要的主要成分。适用于 UV 固化的油墨与一般的油性油墨组成有所不同，这两类油墨的组成如表 3-1 所示。