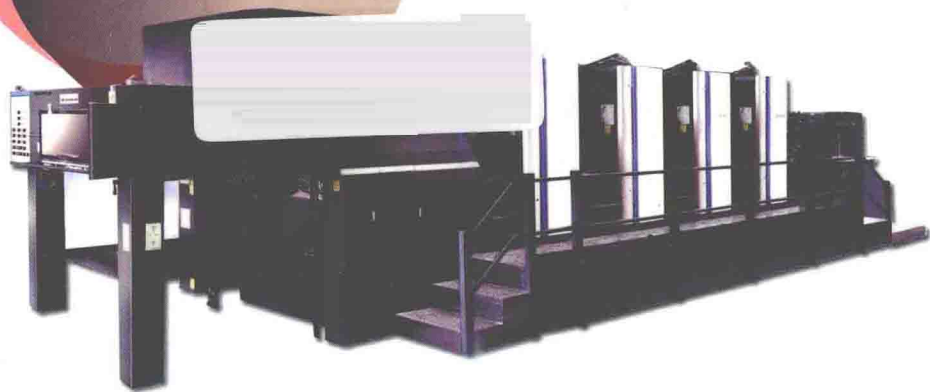


印刷机械 测试技术

王仪明 著



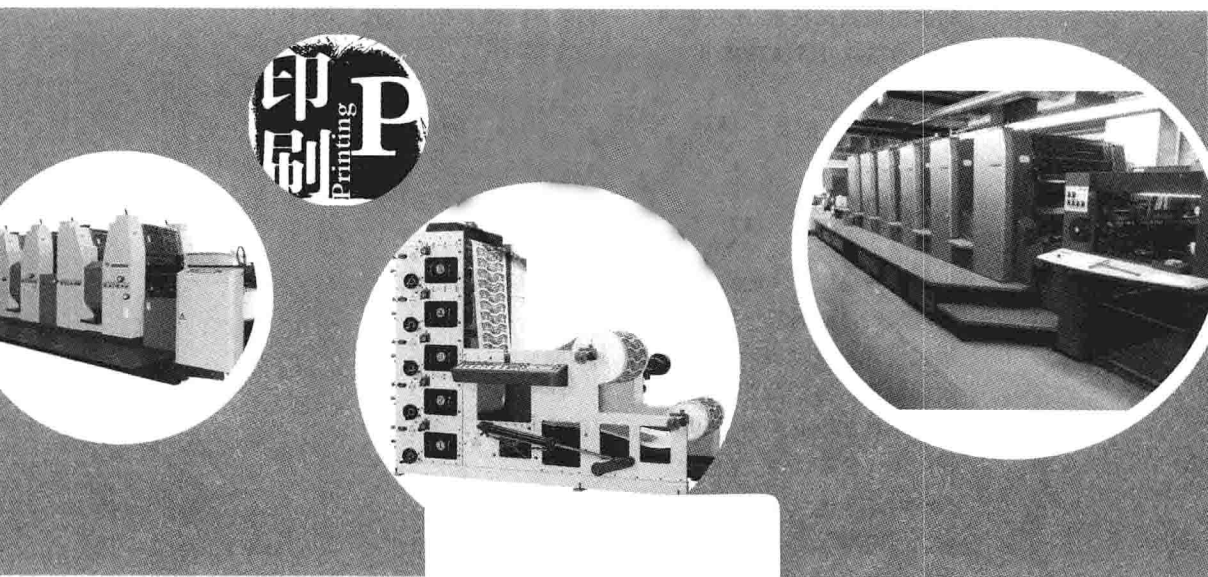
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书由国家“十二五”科技支撑计划——印刷行业产品数控化应用示范

(课题编号: 2012BAF13B05) 课题资助。

印刷机械测试技术

王仪明 著
郭宁军 审



机械工业出版社

本书以工程案例形式论述了印刷机主要性能指标——印刷压力、机械振动、微位移、噪声、动态应力等测试方法及技术；采用薄膜压力传感器测试确定了印刷压力分布规律；以高速给纸机飞达头为例，进行了飞达头转矩受力分析及测试试验研究；以纸张传递系统及印刷单元为例，论述了印刷机振动测试技术和试验模态分析方法，并用于输纸系统动态设计；进行了墙板动态应力测试方法及结构优化；提出了基于测试信息的印刷机动态设计、故障诊断方法，并开发了印刷机械故障诊断及动态设计辅助软件；介绍了印刷滚筒跳动在线检测及其在印刷品故障分析中的应用。

本书主要面向印刷机械制造行业及印刷行业工程技术人员、印刷类高等院校教师、科研人员、研究生及本科生。

图书在版编目（CIP）数据

印刷机械测试技术/王仪明著. —北京：机械工业出版社，2014.9
ISBN 978-7-111-47805-8

I. ①印… II. ①王… III. ①印刷机—测试技术 IV. ①TS803

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 199149 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张秀恩 责任编辑：崔滋恩

版式设计：霍永明 责任校对：丁丽丽

封面设计：陈 沛 责任印制：李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2014 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×223mm • 13.75 印张 • 271 千字

0001—2000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-47805-8

定价：35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

序

目前,国内高端印刷机大部分依赖进口,稳定性、可靠性低是国产与进口印刷设备的重要差距之一。印刷机械动态特性是影响其稳定性的关键因素,而动态测试是分析及改善印刷机械动态特性的重要手段。北京印刷学院获批成立了数字化印刷装备北京市重点实验室,投入 1200 多万元购买满足印刷机测试精度的先进设备,主要包括丹麦 B & K 公司的非接触振动测试系统和噪声测试系统、德国米铨公司的微位移测试系统、日本富士公司印刷压力检测系统等,具备了各类印刷机械动态测试条件。

自 2004 年起,以王仪明教授为带头人的印刷机械检测及创新设计团队在北京市人才强教计划-学术创新人才项目“印刷机测试及检测技术”和“印刷机械检测及创新设计”校级科研团队资助下,开始进行印刷机械测试系统基础技术研究,先后完成了印刷机振动测试、噪声测试、动态应力测试、印刷滚筒跳动测试、转矩测试和印刷特性测试等基础单元项目测试,并结合印刷机动态设计,完成了印刷机试验模态分析;建立了印刷机械动态特性指标体系,并以丹麦 B & K 公司的 PULSE 分析系统为基础,开发了印刷机综合动态测试系统,已经用于国家“十一五”科技支撑计划重点项目“报业用高速轮转胶印机的研究与开发”。对高速轮转胶印机的折页机进行了振动测试,为其结构优化提供了依据。

团队开发的印刷机综合动态测试系统及系列测试技术,已用于北人集团公司、江苏昌升集团、北京贞亨利民印刷机械有限公司、青岛瑞普电气有限责任公司、陕西北人印刷机械股份有限公司等企业生产的多色胶印机、单张纸凹印机、精密涂布机等 20 余台印刷机上,为委托企业提供了详尽的测试报告,为印刷机制造通过动态设计提升印刷机稳定性提供了依据。

本书是国内首部印刷机械测试技术专门著作,为国产印刷机械的动态设计提供了基础数据,对于企业开发高速印刷机有重要参考价值。

北人集团公司技术中心 郭宁军

前 言

印刷机械测试技术是印刷机动态设计基础。本书是国内第一部系统阐述印刷机测试技术的书籍。本书提出了印刷机械动态特性指标体系,建立了印刷机械综合动态测试系统,涵盖内容全面涉及了印刷压力测试、振动测试、滚筒跳动测试、转矩测试、动态应力测试等。本书以案例形式阐述,所有案例来源于印刷机制造企业及印刷企业。

自2004年起,作者所带领的团队开始从事印刷机械测试技术研究,先后承担了国家“十一五”科技支撑计划重点项目“报业用高速轮转胶印机的研究与开发”子课题“报业用高速轮转胶印机折页装置的振动测试”(课题编号为2006BAF03B04),国家“十二五”科技支撑计划项目“数控一代机械产品创新应用示范工程”中的课题“印刷行业产品数控化应用示范”(课题编号为2012BAF13B05);主持及参与了北京市自然科学基金项目两项:基于振动信息的印刷机动态设计、高速递纸机构的稳定性研究;主持北京市教委科技发展计划项目两项:印刷机振动测试及试验模态分析、印刷机墙板的动态应力分布及结构优化;参与了北京市人才强教计划-学术创新人才项目“印刷机测试及检测技术”。此外,还承担了五项印刷机械测试类横向课题。在“印刷装备检测及创新设计”校级科研团队资助下,最终完成了研究工作。在以上研究基础上,初步建立了印刷机械动态特性指标体系,构建了印刷机振动测试、压力测试、噪声测试、转矩测试等系统,研究了印刷机振动测试及模态分析方法、印刷机滚筒间及墨辊间压力测试技术、印刷滚筒微位移测试技术、印刷机墙板的动态应力测试方法。根据企业需求,利用动态测试系统对印刷机进行了动态设计,通过实例验证了方法的正确性。

为了在印刷工程中检验测试技术成果,团队到国内印刷机制造骨干企业进行了测试,在此感谢江苏昌升集团、北人集团公司、北京贞亨利民印刷机械有限公司、青岛瑞普电气有限责任公司、陕西北人印刷机械股份有限公司提供了测试样机。在测试期间,团队先后完成卷筒纸平版印刷机、全张单张纸平版印刷机、对开单张纸平版印刷机、四开单张纸平版印刷机、双面胶印机、单张纸凹印机、精密涂布单元、数字印刷输纸平台等8种20余台印刷机的测试。本书内容主要以数字化印刷装备北京市重点实验室和国家印刷机械质量监督检验中心完成的科研项目为基础。

“印刷装备检测及创新设计”北京印刷学院校级科研团队成员参加了测试工作，李艳副教授、施向东副教授、袁英才副教授、武淑琴副教授、赵吉斌副教授、柴承文讲师、李琼工程师、白建军老师等参与了实验环境的建立及测试系统的构建。机械电子工程研究生彭明、张少华、张志宏、李晶、张磊、杨海奎、李建国、赵明明、朱强、孙万杰、刘鑫、黄德树等参加了现场测试工作。对于团队成员和研究生的协助表示衷心感谢，同时感谢家人对研究工作的支持。

在数字化印刷装备北京市重点实验室建设及研究过程中，中国印刷技术协会首席顾问沈忠康，北人集团公司总经理陈邦设、副总经理孔达钢、技术中心总工郭宁军、质量部经理卢成斌和高工张文忠，中国印刷及器材设备工业协会印刷机械分会理事长庞连东，江苏昌升集团总经理沙晓明和副总经理钱进及开发部经理席红兵，青岛瑞普电气有限责任公司高工高占习等提出了具体的建设意见，在此一并表示感谢。同时，感谢北京印刷学院领导、科研处的支持及帮助。

北人集团公司技术中心教授级高工郭宁军百忙之中审阅了本书，特此致谢。

作者 王仪明

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 印刷装备制造业概况	1
1.2 国内外印刷机测试技术研究现状	2
1.2.1 印刷机械载荷类型	3
1.2.2 印刷机械振动及控制	3
1.3 印刷机械振动激励源	4
1.4 印刷机械测试技术应用现状	5
1.4.1 国外应用现状	5
1.4.2 国内应用现状	7
第2章 印刷机结构特征与测试技术	11
2.1 印刷机工作原理及结构特征	11
2.1.1 印刷机工作原理	11
2.1.2 印刷机的组成及结构特点	12
2.1.3 印刷机械及印刷特性测试	13
2.2 测试技术应用基础	16
2.2.1 机械振动	16
2.2.2 测试技术基本术语	17
2.2.3 传感器静态特性与动态特性	18
2.3 信号处理应用基础	21
2.3.1 傅里叶级数	22
2.3.2 傅里叶级数的复指数展开式	23
2.3.3 傅里叶变换的物理意义	23
2.3.4 采样定理	25
2.3.5 相关分析方法	25
2.3.6 频谱分析基本方法	27
第3章 印刷压力测试技术及应用	30
3.1 印刷压力测试的目的及应用	30
3.1.1 印刷工艺的压力需求	30
3.1.2 印刷压力测试技术应用领域	31

3.2 印刷压力测试原理及方法	32
3.2.1 滚筒间压力的测试系统概述	32
3.2.2 滚筒间压力的测试原理及方法	34
3.2.3 压力检测数据处理	35
3.2.4 影响接触力检测的因素	36
3.3 平版印刷机印刷压力检测方法	37
3.3.1 印刷机械中的接触压力	37
3.3.2 印刷压力的检测试验	38
3.3.3 试验结果及分析	39
3.3.4 印刷压力定量检测方法	40
3.4 平版印刷机印刷压力试验研究	41
3.4.1 基于有限元的印刷压力分布仿真	41
3.4.2 印刷压力分布试验研究	42
3.4.3 印刷滚筒压力分布规律	43
3.5 印刷滚筒肩铁压力测试应用实例	43
3.5.1 印刷滚筒肩铁压力测试过程	44
3.5.2 测试数据分析	44
3.5.3 国内外平版印刷机印刷压力比较	47
3.5.4 小结	47
第4章 输纸机转矩分析及测试	48
4.1 输纸机飞达头国内外研究现状	48
4.1.1 输纸机飞达头发展及研究现状	48
4.1.2 飞达头主要机构及其功能	49
4.2 飞达头凸轮分配轴受力情况分析	50
4.2.1 飞达头主要机构运动关系	50
4.2.2 飞达头机构载荷简化及求解	52
4.3 飞达头凸轮分配轴受力分析	54
4.3.1 压脚机构受力分析	55
4.3.2 后吸机构受力分析	58
4.3.3 前吸机构受力分析	59
4.3.4 飞达头机构作用载荷计算实例	61
4.4 飞达头动态特性测试	63
4.4.1 飞达头试验装置结构	63
4.4.2 飞达头转矩测试	64
4.4.3 飞达头振动测试试验	65
第5章 印刷机械振动测试技术	69
5.1 振动测试的原理和应用	69
5.1.1 振动测量传感器	69
5.1.2 激光式速度传感器	71



5.1.3 涡流式位移传感器	73
5.2 振动数据采集系统	74
5.2.1 数据采集系统的基本组成	74
5.2.2 数据采集系统的主要性能指标	75
5.3 测试方案制订原则和系统构建	76
5.3.1 测试方案制订原则	76
5.3.2 动态测试系统构建	76
5.3.3 测试系统的标定和校准	76
5.4 工程动态测试实例	77
5.4.1 动态测试方案的制订	77
5.4.2 振动测试及噪声源分析	78
5.5 典型机构振动信号与特征	82
5.5.1 齿轮机构振动测试	82
5.5.2 凸轮机构振动测试	84
5.5.3 印刷滚筒振动测试	85
第6章 印刷机械试验模态分析	90
6.1 传纸系统动态特性研究	90
6.1.1 模态分析的基本概念	90
6.1.2 多自由度系统模态分析理论	91
6.2 模态分析方法概述	93
6.2.1 有限元模态分析方法	94
6.2.2 试验模态分析方法	94
6.3 传纸系统有限元模态分析	95
6.3.1 传纸系统试验台的原理及结构	95
6.3.2 传纸系统有限元模态分析过程	96
6.4 传纸系统试验模态分析	100
6.4.1 试验模态分析测试系统	100
6.4.2 传纸系统试验模态分析过程	100
6.4.3 试验模态参数和振型	103
6.4.4 系统模态参数分析	104
6.4.5 试验模态结果分析	105
第7章 印刷机械动态设计方法	107
7.1 印刷机械可靠性与动态设计	107
7.2 印刷机械动态设计方法	107
7.2.1 印刷工艺的特殊性与印刷机械的复杂性	107
7.2.2 印刷机械动态设计方法及流程	108
7.2.3 印刷机械动态测试指标体系构建	109
7.3 印刷机械动态设计应用实例	111
7.4 印刷机振动测试数据分析平台	113

7.4.1 动态设计分析平台的结构框架	115
7.4.2 基于 GUI 的分析平台框架的实现	116
7.5 分析平台功能的实现	118
7.5.1 数据的导入	118
7.5.2 测试数据时域分析	119
7.5.3 测试数据频域分析	120
7.5.4 测试数据阶次分析	121
7.5.5 测试数据比较分析	122
7.5.6 测点描述	122
7.6 印刷机试验模态分析及结构优化	124
7.6.1 平版印刷机振动测试	124
7.6.2 单张纸平版印刷机测点描述	132
7.6.3 平版印刷机结构优化	135
第8章 印刷机械故障诊断技术	143
8.1 印刷机械故障分析研究现状	143
8.1.1 国内外印刷品检测技术的应用	143
8.1.2 振动与印刷品质关系专家诊断系统	144
8.2 印刷机械系统的故障分析	144
8.2.1 印刷机动态参数测试	145
8.2.2 印刷机故障诊断方法	147
8.3 印刷品质量的量化评价与质量数据库的建立	149
8.3.1 印刷品质量密度检测	149
8.3.2 套印精度检测方法	150
8.3.3 重影检测方法	151
8.4 印刷特性测试与故障分析系统	152
8.4.1 印刷特性测试与故障分析系统框架	153
8.4.2 基于 PULSE 的 GUI 平台软件开发	153
第9章 印刷滚筒跳动在线检测	168
9.1 印刷滚筒轴向窜动与套印精度的关系	168
9.1.1 印刷单元动力学模型及轴向振动与套印误差的理论模型	168
9.1.2 套印误差与轴向总振动关系的研究	171
9.2 平版印刷机印刷滚筒跳动测试	173
9.2.1 印刷滚筒轴向振动测试结果分析	173
9.2.2 印刷机输纸板台振动	181
9.2.3 滚筒轴向窜动对印刷品质量的影响	181
9.2.4 装配间隙和齿轮轴向圆跳动对轴向窜动的影响	182
9.3 卷筒纸印刷机印刷滚筒跳动测试	183
9.3.1 滚筒肩铁动态跳动测试	184
9.3.2 印版滚筒肩铁径向圆跳动分析	185



9.3.3 滚筒跳动与网点变形计算方法	188
第10章 印刷机动态应力测试及结构优化	190
10.1 串墨机构载荷分布模型的建立	190
10.2 墙板动态应力测试及载荷模型	194
10.2.1 墙板动态应力测试方案	194
10.2.2 墙板动态应力测试试验	201
10.3 墙板载荷模型的建立	202
10.4 基于动态应力的墙板结构优化	206
参考文献	209

1.1 印刷装备制造业概况

2012年12月,科技部、中宣部、财政部、文化部、广电总局、原国家新闻出版总署联合发布了《国家文化科技创新工程纲要》,明确将印刷产业列入文化产业。国家统计局发布的《2012年国民经济和社会发展统计公报》显示,全年国内生产总值近52万亿元,文化产业总产值4万亿元。国家新闻出版广电总局发布《2012年新闻出版产业分析报告》显示,全国出版、印刷和发行服务实现营业收入1.66万亿元,增加值4617亿元,其中印刷复制营业收入9510亿元。出版、印刷和发行产业产值约占我国文化产业生产总值的40%,占国内生产总值比重约为3%。印刷业产值占我国文化产业生产总值的24%,约占国内生产总值的2%。印刷业是国家文化产业的重要组成部分,其总产值已居世界第三。

印刷装备制造业是印刷产业的上游行业,与印刷行业息息相关。我国印刷装备制造业在引进国外先进技术基础上,通过自主研发,有了一定的发展,但整个产业与国外存在较大差距,主要体现在企业规模小、集成化程度低。据相关统计数据显示,2012年,全国248家规模以上印刷机械制造企业销售总收入为328亿元,行业整体收入仅相当于德国海德堡印刷机械公司的50%。而国产印后设备具有一定的性价比优势,国内市场占有率较高。近年来,国产印后设备技术水平与国际水平差距逐步缩小,但价格却只有国际同类产品价格的30%~50%。

2012年工信部发布《高端装备制造业“十二五”发展规划》,将“智能化印刷装备”列入八大类标志性的重大智能制造成套装备。《国家“十二五”科学和技术发展规划》提出推动制造业信息化服务增效和制造装备数控化,科技部启动“数控一代机械产品创新应用示范工程”,其中“印刷行业产品数控化应用示范”课题由北京印刷学院承担。近30年来,我国印刷机械制造业取得了长足进步,国产平版印刷机、柔印机、凹印机、模切机等在国际印刷行业均占有一席之地。然而,国产印刷机与德国海德堡、高宝等世界著名公司生产的印刷机相比仍然存在较大的差距,主要表现在国产印刷机高速运转时稳定性、可靠性差。国外最先进单张纸胶印机已经能在20 000s/h的印刷速度下平稳运行。市场上16500s/h以上的



高速印刷机市场几乎被国外品牌垄断,欲改变这种局面,延续以往测绘、仿制的开发方法难以实现。

印刷机属于精密复杂的光、机、电一体化设备,其零部件数量多于大多数其他机械,但却要实现柔性纸张在零部件间的快速、精确传递,并完成套印、裁切、烫金等工艺。印刷机各部件的运动类型不同,包括匀速运动、变速运动、直线运动、圆周运动、复杂曲线运动等。由于各部件的刚性均有限,当受到恒定载荷作用时会产生机械变形;当受到交变载荷作用时,会产生振动,使部件的实际运行轨迹偏离理论值,特别当印刷机高速运行时更加明显。因此,在印刷过程中需将印刷机关键部件的振动幅值控制在允许的范围内,否则过大的振动可能给图文转移带来无法弥补的损伤。另外,随着振动幅值的加剧,还会影响到印刷机零部件的寿命。由此可见,振动已成为制约印刷机运行速度提高的重要因素之一。振动不仅会使纸张的定位精度下降、运行稳定性变差、印刷故障率增加、可靠性降低,而且由其产生的噪声会对环境和人体健康造成危害。

理想设计的印刷机可实现高速、平稳、低噪声印刷,在给印刷企业带来利润的同时也会给操作工人带来健康保障。每台印刷机的各组零部件都在以各自潜在的振动形式反映着印刷机系统的振动特性,将机械振动测试技术运用到印刷机动态设计领域,开展对印刷机系统结构和关键部件的动态特性研究,掌握关键部件的动态特性对机器性能的影响,将使得印刷机减振、降噪方法更加科学,优化设计目标更加明确,效果也将更加显著。

印刷机振动测试技术可应用于印刷机故障诊断领域。印刷机工作一定年限后,长期处于高速运行状态下的零部件将发生疲劳磨损,其精度会随之降低,甚至出现各种故障。印刷机的故障主要分为机械故障、工艺故障、材料故障、环境故障及电气故障等,其中机械故障占到全部故障的60%以上。当印刷机出现故障后,停机检修不仅会给对印刷企业带来巨大的经济损失,而且还会降低企业的市场竞争力。随着传感器、信号处理、计算机软硬件等技术的进步,在印刷机上实现在线状态检测、预知维修已成为可能。因此,印刷机振动测试技术不仅适用于印刷机生产制造企业,同时也适用于印刷企业,振动测试技术的广泛应用将会促使印刷产业更好、更快的发展。

1.2 国内外印刷机测试技术研究现状

国外著名印刷机械制造企业和研究机构在印刷机动态特性方面进行了大量的应用基础研究并取得了许多成果。海德堡印刷机械股份有限公司(以下简称“海德堡公司”)进行了印刷机振动的数学分析及试验研究,并对印刷机墙板进行了有限元分析,建立了印刷机振动分析的数学模型,确定了印刷机的振动特性,分析了各构件振动特征对印刷品质量的影响。

1.2.1 印刷机械载荷类型

印刷机械中各构件及材料承受的载荷分为如下几类:

- 1) 机械力或力矩, 包括印刷滚筒间印刷压力、墨辊间压力、卷筒纸张张力、纸张剥离力、模切力、咬纸力、刮刀压力, 以及印刷机各滚筒转子的转矩。
- 2) 物理力, 包括输墨系统的油墨传递内力、干燥过程中油墨表面张力和承印材料表面张力。
- 3) 空气动力, 包括纸张输送过程中受到的空气阻力、纸张上下表面受到的正压力和负压力、喷粉风扇的风力。

1.2.2 印刷机械振动及控制

1. 非线性振动与试验模态分析

海德堡公司与世界著名的 LMS (Leuven Measurement & System, LMS a Siemens Business) 公司合作, 应用系列化的 LMS Test. Lab 工具建立了便携式印刷机振动测试系统, 对印刷机工作状态进行了实时动态检测和分析。通过测试系统对样机进行动态特性分析, 并将分析结果反馈给研发部门进行相应设计参数的修改, 实现动态设计, 如此反复不断优化印刷机的性能。他们研究了单张纸胶印机的振动特性。单张纸胶印机利用连续齿轮传动链驱动所有滚筒实现同步, 易于产生旋转振动。在正常操作条件下, 线性模型可以描述其动力学行为。但在诸如紧急停车或特殊试验条件下, 齿轮传动链的啮合面将出现非线性现象。他们研究了非线性振动现象及其需要的仿真和测试技术, 并用简化模型方法分析了系统的动力学行为。

2. 振动和噪声控制及补偿方法

利用噪声传感器对印刷机的噪声测试技术进行研究。首先, 利用麦克风作为噪声传感器与高速数模转换器连接到计算机。通过噪声信号拾取, 生成噪声源密度彩色显示图, 作为频率和位置的函数。声音放大器用于分析引擎静止或运动时发出的噪声。印刷样张的信号条用作测量信号, 振动频率可以借助小波分析得到。对识别结果与试验模态分析结果进行了比较, 发现三个识别频率为印刷机墙板的固有频率, 此结果验证了测试方法的正确性。由此, 可进一步推断出墙板的振动决定印刷滚筒的振动。

3. 印刷滚筒动力学与周向同步控制

重影印刷故障与传动精度的关系研究是印刷滚筒动力学研究的重要内容。通过监测不同单元齿轮运转的同步性, 可以诊断重影故障。为了满足各种组合方式的需求, 产品应该设计成模块化系统。同步伺服电动机直接或借助伺服齿轮转接器与印刷滚筒连接。齿轮、电动机提供的连续传动方式满足了高刚度和低惯性矩的要求。转接器增加了惯性矩, 提升了同步伺服电动机的性能。需要用现代辅助工具进行各种各样的分析和试验 (如 CAE、CAT)。起初需要简化齿轮轴承的计



算,之后需要对齿轮座和箱体用复杂的有限元分析,如齿轮座的接触应力、箱体结构载荷优化等。分析结果应通过试验验证。同时,需要研制控制软件。软件必需能够根据不同运动规律计算真实载荷,并把它与齿轮及电动机曲线比较,以满足产品运动循环图的要求,包括模块化系统的研发。由于模块化系统研发费用较高,在某些研发环节采用了有限元(FEM)分析及现代测试仪器的试验分析。

目前我国印刷机械质量差、水平低的原因,在于未能在传统机械产品向机电一体化发展中对产品整体系统的动力学进行研究,一般仅满足于运动、几何功能的实现。近年来,国内一些印刷专业院校、大型印刷机械制造企业已经开始对印刷机高速时的动态特性进行研究,并取得了初步成果。

1.3 印刷机械振动激励源

对于动力学系统而言,最常用的状态信息是振动信号。振动研究成果广泛应用在各种工程科学领域中,为各行各业的发展奠定了坚实的基础。

印刷机的振动表征着机器各部件的受力情况,振动信号特征与机器结构特征及其运动特性紧密联系,而过量的振动将导致印刷品质量的下降。

(1) 转矩不平衡 给纸机分离头凸轮动力分配轴上的凸轮旋转不平衡带来的转矩和离心力周期性变化,使得凸轮动力分配轴受迫振动,进而影响递纸精度。

(2) 往复运动机构 摆动式递纸机构的主运动是递纸牙摆臂的往复摆动,摆动臂的转动惯量较大,加之由连杆机构实现运动传递,导致整个机构的转动惯量更大,所以在高速印刷工况下,机构产生的冲击振动较大,造成纸张传递不平稳,影响套印精度。

(3) 印刷滚筒空档 印刷单元中的滚筒由于存在空档,其结构上的不对称会产生质量偏心问题。在高速转动时,易产生扭转振动和离心力,从而导致印刷压力的不均匀和不恒定。在平版印刷机中,印刷压力是通过两滚筒对滚获得的。当印刷滚筒印刷工作面与空档交接时,印刷压力会突然消失或增加,此时滚筒将承受很大的冲击,从而产生振动,加速印版网点磨损,致使网点局部丢失。

(4) 串墨机构换向 串墨机构突然换向会对墙板产生冲击作用,使墙板受迫振动,墙板振动过大不仅影响输墨系统的供墨性能,同时通过印刷墙板影响印刷单元的图文传递。

(5) 配合间隙 轴承与轴颈的配合间隙以及轴承的磨损状况直接关系到旋转部件振动量的大小。

(6) 齿轮传动侧隙 印刷机通常通过滚筒轴端的斜齿轮传递动力,由于齿轮间时变的啮合刚度、齿侧间隙及动态传递误差等原因,导致滚筒两端受力状态不一致,从而引起滚筒振动;

(7) 链传动多边形效应 收纸链条传动时因为自身的多边形效应、啮合冲击

等原因使得链轮、链条运动不稳,存在动载荷,产生振动。

由以上可以看出,各部件的振动信息直接反映了系统的运行状态。通过对振动信号的时域与频域分析,建立起振动信号特征与机器运动特征的映射关系,将有助于掌握机器的动态特征,并为机器结构优化设计以及实时排除印刷故障提供可靠依据。

印刷机结构复杂,由多个构件组成且运动形式各不相同。根据振动的激励形式不同其振动基本可以划分为旋转不平衡振动和冲击振动。旋转不平衡振动反映出印刷机的转频及谐波频率,该特征频率随印刷机速度变化而改变;冲击振动则能反映出系统固有频率,通过模态分析方法能够获得系统固有频率。固有频率振动特征不随印刷机速度变化而改变。

当获取了印刷机主要结构的动态特性参数后,改进设计时便可以减少激励或将共振频率移出激励区域。通过动力性能修改改变系统质量、刚度和阻尼分布,从而达到降低系统振动和噪声的目的。

1.4 印刷机械测试技术应用现状

采用印刷机测试及检测技术是提高企业自主创新能力的的重要途径之一。海德堡公司、高宝公司等企业在印刷机振动测试、印刷压力检测、印刷品质量检测技术等方面的应用研究取得了重大进展。本节通过对国内外印刷机制造企业测试及检测技术的应用情况的总结,重点介绍我国在印刷机测试及检测技术领域的研究现状,目的是促进国产印刷机综合动态性能的提高。

随着印刷业的快速发展,我国印刷机械制造业技术水平有了明显的提高,市场需求的中低档设备已经国产化,但高档设备的先进技术仍然由国外企业掌握。与世界先进水平相比,我国的印刷机械产品的稳定性、可靠性不高,在质量自动检测技术方面,还具有广阔的研究空间。目前,多数企业主要采用引进技术与自我创新相结合的方式开发新产品。事实证明,只有在引进的基础上进行创新、改进设计、优化设计,才能有效增强产品的科技含量,提升国产设备档次。

我国的印刷机械产品标准化水平低,印刷机检测技术及方法与发达国家尚有差距,这是制约我国高端印刷设备发展的一个重要因素。因此,通过测试与检测手段,研究现有印刷机的性能,对比、分析影响印刷机动态性能的因素,在减振降噪、提高性能、增强设备自动化方面应用现代设计方法,合理地进行印刷机的结构改进和优化设计,是印刷机械产品研发中的重大课题。

1.4.1 国外应用现状

国外印刷机之所以能够占领高端市场,离不开其细致周密的检测环节。国外印刷机制造企业非常重视测试及检测技术的应用,检测包括机器机械性能的检测



和印刷质量的检测。

1. 印刷机振动测试及噪声控制

国外的印刷设备在生产过程中都是精细作业，在出厂前都要经过严格周密的检测。例如，海德堡公司生产的印刷机在机器装配前，机器上的每一个零部件都要经过专业仪器的检测，以保证机器使用的是合格产品。每台组装好的印刷设备在走出生产厂家之前，都要在一个固定的区域进行检测和试印，合格后才运往客户手中。

印刷机的速度和精度取决于数以千计的相互连接的零部件的快速同步运动。纸张被自动飞达输送到印刷装置，当以 16500s/h 的速度在滚筒间传递纸张时，只有 $10\mu\text{m}$ 大小的不同颜色的网点落于纸张上，咬纸牙将纸张从一个滚筒传递到另一个滚筒，直到收纸堆。由于印刷机能准确地保证每张纸以同一位置进入滚筒，这使得纸张能够在滚筒间完美传递。规矩处的振动不能超过 $30\mu\text{m}$ ，关键零件的最轻微动态颤动对于高速精密印刷机而言，就如同一场地震。

滚筒和旋转零件的扭振无法避免，确定振源是机器改进设计的关键，凸轮、连杆和轴的几何形状都可以据此修正。对于制造和使用设备过程中发现的振动问题，可以通过调试、更换零件或增加阻尼材料来解决。

海德堡公司除振动测试外，还进行关键机构及装置的测试。印刷机滚筒的角位置对于印刷过程非常重要。例如，印版滚筒的角位置将作为套印时印版滚筒调节量的基础，角位置信号反馈给控制系统，实现预定的印版滚筒周向微量调节。

2. 印刷压力检测

印刷压力对印刷机及印刷质量具有非常重要的影响。在平版印刷机的工作过程中，当水或油墨通过接触方式由一个表面转移到另外一个表面时，接触面间的压力即印刷压力是决定印刷质量的一个关键参数，但实现其测量比较困难。印刷压力测量不仅关系到印刷机的设计，而且对印刷机的正确设置具有重要影响。

3. 印刷质量检测

在印刷质量检测方面，国外对密度检测系统的研究已经很成熟。而密度主要反映的是油墨的匹配，在印刷图像复制上更注重色彩饱和度匹配，而色相匹配又比色彩饱和度匹配显得重要。由此可见，印刷品质量检测控制应由密度测控向色度测控过渡。

近年来，国外针对将色度测量用在印刷品质量检测与控制方面进行了大量的研究，并取得了一定的成果。目前，国外印刷机上都配备有完善的印品质量在线自动检测系统，在印刷过程中借助于联机的检测仪器对印刷品进行在线检测，并实时将信息通过反馈回路输送到中央控制台，从而自动调节相应的印刷机部件，实现对印刷品质量的在线控制。整个过程人工干预少，实现了印品质量的自动检测。在印刷品在线检测技术中，密度法、色度法和基于数字图像处理的技术都得到了运用。海德堡公司推出的 CPC 图像控制系统，是率先利用分光光度测量技术