

Research on the Influencing Factors and Performance of Digital Transformation in
Chinese Printing and Dyeing Enterprises

by

Kanda Lu

A Dissertation Presented in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Degree
Doctor of Business Administration

Approved March 2024 by the
Graduate Supervisory Committee:

Hongmin Li, Co-Chair
Fei Wu, Co-Chair
Yanfei Zhao

ARIZONA STATE UNIVERSITY

May 2024

印染企业数字化转型影响因素及经济效益研究

卢侃达

全球金融工商管理博士
学位论文

研究生管理委员会
批准于二零二四年三月

李宏敏，联席主席
吴飞，联席主席
赵雁飞

亚利桑那州立大学

二零二四年五月

ABSTRACT

Manufacturing enterprises are generally aware of the importance of digital transformation. However, how to achieve digital transformation troubles traditional manufacturing enterprises. The textile printing and dyeing industry started from early 1980s onwards China's reform and opening up. The industry has reached a stage of high production capacity and is facing significant pressure for transformation and upgrading. Many business operators are struggling to explore and seek to achieve cost reduction and efficiency increase through digital transformation, thereby accelerating industrial innovation and transformation. In order to alleviate the pressure of sharply rising labor, environmental and energy costs, and build a medium to long-term competitive advantage. Printing and dyeing enterprises need to use digital methods to empower and upgrade their previous operational processes from top to bottom, from inside to outside, and reshape new driving forces and advantages through digital transformation throughout the entire process, scenario, touch point, and lifecycle. This article focuses on the digital transformation investment, studies its determining factors and economic consequences from the perspectives of production process performance and overall enterprise performance .

It has found that: (1) transformation factors, transformation direction, and transformation cognition all positively affect digital investment, but only the transformation direction has significant impact; (2) Digital investment has promoted the improvement of production process efficiency, and this promotion is significant at the 1%

significance level; (3) Digital investment significantly promotes the overall efficiency; (4) The improvement of production process efficiency positively promotes the relationship between digital investment and enterprise efficiency, but this impact is not statistically significant. In other words, the positive correlation between digital investment and enterprise efficiency does not change statistically due to differences in enterprise production process efficiency. This inspires dyeing enterprises to allocate resources reasonably when undergoing digital transformation. Blindly invest in the production process digitization and neglecting the coordinated development of other aspects in digitalization can lead to unreasonable resource allocation, resulting in waste of resources.

Key words: Digitalization, Manufacturing Industry, Textile Printing and Dyeing, Factor

摘要

制造业企业普遍意识到数字化发展趋势及数字化转型的重要性，然而，如何实现数字化转型是困扰传统制造企业的难题。纺织印染产业作为我国改革开放后起步较早的行业，产能已经达到阶段性高点，正面临较大的转型升级压力。众多企业经营者正在苦苦摸索与寻觅通过数字化转型达到降本增效，进而加速产业创新与转型，以缓解人工、环境、能耗成本陡升的压力，构建印染企业中长期竞争优势。印染企业需借助数字化思维和手段自上而下、由内而外地对以往的操作流程进行赋能升级，以全流程、全场景、全触点、全生命周期的数字化转型重塑发展新动能、新优势，本文以印染企业的数字化转型投入为核心，研究其决定因素，并从生产过程效益、企业整体效益角度研究其经济后果。

研究发现：（1）转型要素、转型方向、转型认知三个决定因素均正向影响数字化投入，但仅转型方向的影响显著；（2）数字化投入促进了企业生产过程效益提升，且这种促进关系在 1%显著性水平上显著；（3）数字化投入显著促进企业整体效益提升；（4）生产过程效益提升正向促进数字化投入与企业效益的关系，但是这种影响在统计上不显著，也就是说，数字化投入与企业效益的正相关关系在统计上并不因为企业生产过程效益的差异而变化。这启示印染企业中高层管理人员在进行数字化转型时，需合理分配资源，盲目的将过量数字化资源投入生产过程数字化，忽略其他方面在数字化上的协调发展，会造成资源分配不合理现象，导致部分资源并未被充分、有效利用，进而不能实现企业效益最大化。

关键词：数字化、制造业转型升级、纺织印染、因素

目录

	页码
表目录.....	vii
图目录.....	viii
章节	
一、导论.....	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 研究可行性.....	3
1.3 研究创新性.....	5
1.4 研究框架.....	5
二、文献综述.....	7
2.1 数字化转型重要性及趋势.....	7
2.2 制造业数字化转型.....	12
2.3 印染行业相关研究.....	20
三、纺织工业与印染产业介绍.....	22
3.1 纺织工业与印染产业介绍.....	22
3.1.1 基本情况.....	22
3.1.2 行业规模.....	22
3.1.3 发展质效.....	23
3.1.4 产业布局.....	23
3.1.5 科技创新.....	24

章节	页码
3.1.6 绿色发展.....	24
3.1.7 发展瓶颈.....	25
3.2 印染行业数字化转型现况.....	25
3.2.1 数字化发展现状.....	25
3.2.2 对行业的重要意义.....	27
3.3 数字化转型面临的问题.....	28
3.4 亟需重点突破的难点问题.....	28
3.5 重点推进领域和政策建议.....	28
3.6 典型案例--华纺股份有限公司.....	29
3.7 典型案例—富丽达纺织控股有限公司.....	31
四、研究假设及机制分析.....	32
4.1 数字化转型要素.....	32
4.2 数字化转型方向.....	36
4.3 数字化转型认知.....	38
4.4 生产过程效益.....	41
4.5 企业效益.....	42
五、变量定义与研究方法.....	46
5.1 变量定义.....	46
5.1.1 数字化转型要素.....	46
5.1.2 数字化转型方向.....	47

章节	页码
5.1.3 数字化转型共性特征认知	47
5.1.4 生产过程数字化	48
5.1.5 企业效益	48
5.2 数学建模	53
5.2.1 层次分析法	53
5.2.2 数字化转型投入决定因素	60
5.2.3 生产过程效益、企业效益、数字化投入	60
5.3 描述性统计	63
5.4 变量相关性	63
5.5 共同方法偏差检验	66
六、实证结果	70
6.1 数字化转型投入决定因素	70
6.2 生产过程效益、企业效益、数字化投入	78
七、研究总结	86
7.1 研究结论	86
7.2 研究局限性	87
7.3 启示与思考	87
参考文献	90
附录	
A 印染企业数字化转型调查问卷	92

表目录

表格	页码
1 变量定义表.....	48
2 相对权重定义表.....	55
3 相对权重示例表.....	56
4 转型要素主观打分表.....	56
5 转型方向主观打分表.....	57
6 转型认知主观打分表.....	59
7 生产过程数字化效益主观打分表.....	59
8 企业整体效益主观打分表.....	60
9 变量描述性统计.....	63
10 变量相关系数表.....	64
11 Harman 单因素检验.....	67
12 数字化转型投入的决定因素.....	71
13 数字化转型投入的决定因素-进一步研究.....	73
14 数字化投入对生产过程效益的影响.....	79
15 数字化投入对生产过程数字化的影响-进一步研究.....	80
16 数字化投入对企业整体效益的影响.....	81
17 数字化投入对企业整体效益的影响-进一步研究.....	82
18 数字化投入对企业整体效益的影响-生产过程数字化的调节作用.....	85

图目录

图	页码
1 研究假设逻辑图	45
2 决策结构图	54
3 变量影响关系图	62

一、导论

1.1 研究背景及意义

纺织工业作为国民经济支柱产业，在国民经济发展中占有不可或缺的地位，对促进国民经济发展、繁荣市场、吸纳就业、增加国民收入、加快城镇化进程及促进社会和谐发展等方面具有十分重要的意义。经过改革开放后近半个世纪的快速发展，在设计水平、制造能力、技术装备、机械化程度、标准体系建设、信息化等方面均有了长足进步，在推动我国经济社会发展过程中持续发挥重要作用。但长期困扰、制约纺织业可持续、高质量发展的一系列问题还没有得到很好解决。印染行业是纺织工业门类下的一个细分技术密集型行业，材料品种繁多、成品服用需求不同，涉及很多不同的生产工艺技术，工艺流程长、工艺数据多、设备类型多，在整个纺织行业中，印染智能化的难度最大，但印染行业要想紧跟时代步伐，又必须进行数字化转型以提高单位投入的产出效率。印染行业内的头部大型企业正在进行创新研发、技术升级、优化生产工艺流程、提高经营管理效率，从多方面提升企业竞争能力，从而带动整个印染行业从劳动密集型、高污染、高能耗向绿色化、科技化、时尚化方向转变。紧跟数字化转型前沿趋势，提高经营效率、产品质量、柔性生产能力/交付手段。从生产方式看，数字化管理、智能化生产、个性化定制、网络化协同、服务化延伸等新模式成为产业升级的新引擎。数字化转型能否或者如何推动此类转变值得研究，且有较高的实务性。推动数字与创新结合，数字与智能制造融合是印染企业推动生产技术提升的重要方向，已经在行业内形成广泛共识。

我国《十四五规划》和《2035年远景目标纲要》提出要加快数字化改革发展,推动数字经济与实体经济全面融合,以此为基础建立数字中国。制造业是最早进行数字化转型的行业,制造业企业通过数字化转型可以实现降本增效的目的,还可以更快速的发现市场变化并且迅

速进行响应,具有更快的反应速度和更高的抗风险能力。印染业正在加速向数字化、智能化方向发展,充分把握新一代信息技术与制造业融合发展的趋势和机遇,加快印染业数字化转型发展进程,是顺应数字经济发展时代潮流,促进我国印染业迈向全球价值链中高端,实现高质量发展的必然选择。2023年10月,国务院总理李强在浙江调研时强调,要深入学习贯彻习近平总书记关于数字经济发展和新型工业化的重要指示精神,落实同年9月召开的全国新型工业化推进大会部署。新型工业化牢牢把握‘数字化’和‘绿色化’两大新工业革命的重点方向,通过数字技术、绿色低碳技术赋能,实现生产方式变革和环境友好、可持续发展。

印染行业数字化转型面临的普遍困境为:(1)各分厂发展水平不一,员工素质参差不齐。特别是车间工人,存在基础性困难;(2)设备自动化程度普遍较低,缺乏物联能力,数据采集困难,信息化应用仍以低水平、浅层次的单位应用为主;(3)物料种类较杂,数量较大。企业面临的基础数据整理和筛选工作量巨大;(4)数字化、人工智能、自动化对现有的工作和组织方式产生较大影响。最难改变的是人的传统思维和观念,传统思维、惯性思维、本位思维等;(5)数据散落在各个业务系统中,存在信息孤岛现象,内部数据系统孤立,难以打通,已有数据难以整合,外部上下游产业链数据难以获得。

本文旨在“察实情,把握时机”,将行业调研问卷数据统计分析作为基本研究方法和重要依据,摸清印染企业发展难处,寻找数字化转型发展机遇。“强研究,理清方向”,通过系统性研究,提出有引领性、实务性的研究结论和建议。“广宣传,影响实践”,助力营造纺织印染行业数字化转型的良好氛围,推动政府、社会对纺织印染的再认识。国内外众多研究和理论认为,当前经济发展与技术进步趋势下,无论任何行业,任何企业规模,或者是任何发展阶段的企业,在经营过程中都无法回避数字化转型这一共同课题,学术界与产业界一致

认同数字化转型的必要性。工业 4.0 数字经济时代，企业应根据市场发展状况并结合自身情况推进数字化转型，发挥企业优势，补足企业短板，提升企业资源配置能力、经营管理效率。基于“数字化颠覆”理论，以印染企业为代表的传统制造业转型压力相对较轻，属于“数字化漩涡”的相对外沿，印染企业面临的更多是数字化转型问题，而非数字化生存压力。

数字化转型不可能一蹴而就，需要企业根据自身所处的阶段逐步去摸索，从而找到适合自身特质的数字化转型方案，再稳步推进转型方案实施。通过研究和总结，使得相关学者到行业组织、行业监管者（政府）、企业管理者、企业数字化部门、企业外部顾问都能意识到数字化转型的重要性，将数字化转型纳入议事日程，并逐步有序推进，在遇到新的挑战 and 机遇时，将数字化转型作为重要的应对方法。实操应用层面，针对印染业共性需求和印染行业特点，以研发设计、生产计划调度、质量管控、仓储配送、绿色环保、市场营销、模式创新等关键环节和以数字化车间/工厂、工业互联网平台等集成化应用为重点，融合 5G、人工智能、大数据、数字孪生等新一代信息技术，全面提升企业实力。传统制造业企业在数字化转型过程中更应当注重转变企业内部思维模式，吸引并培育数字化人才并调整组织内部管理结构，更好适应企业数字化持续变革需要。此外，也可寻求合适的行业数字化技改顾问或集成商作为合作伙伴。

1.2 研究可行性

在总结国内外相关数字化转型文献理论、初步访谈了解行业现状、总结行业特征的基础上，围绕重点问题设计调查问卷，对行业内重点企业进行问卷调查，以探讨分析印染行业的数字化转型现状和印染企业的数字化转型解决方案。根据研究内容需要，本文借鉴学术理论和产业实操等领域的相关研究，对印染企业数字化转型的现况和路径进行探索，找到决定数字化投入最重要的因素，并分析数字化投入对企业生产效益与企业整体效益带来

的影响。使用的研究方法有三个：文献分析法、问卷调查法、实证分析法。即通过调研并结合本人行业经验形成问卷，在小范围内进行调研以对问卷进行信度与效度分析，问卷量表测试合理后开展正式调研，对完整调研数据进行描述性统计分析，了解数据特征，有针对性的根据研究假设设计实证方案，验证研究假设，形成最终的行业数字化转型方案。

不仅是印染企业，目前制约我国传统制造业数字化转型较普遍的因素为：企业决策层数字化转型战略不清导致“不愿转”；企业自身数字转型能力不够，特别是人才储备不足导致“不会转”；外部环境持续恶化，数字化改造成本偏高造成“不敢转”。战略层面上，要充分应用相关理论框架夯实数字化转型的意图，寻找最符合印染企业的路线。应用层面上，制造业产业数字化转型正在彻底改变公司制造、改进和分销产品的方式。不少企业正在将包括物联网 (IoT)、云计算和分析以及人工智能和机器学习在内的新技术集成到他们的生产设施和整个运营过程中。智能工厂配备了先进的传感器、嵌入式软件和机器人技术，可以收集和分析数据并做出更好的决策。当来自生产运营的数据与来自 ERP、供应链、客户服务和其他企业系统的运营数据相结合，从以前孤立的信息中创建全新的可见性和洞察力时，可以创造更高的价值。此类数字技术可提高自动化、预测性维护、流程改进的自我优化，最重要的是，将效率和对客户的响应能力提高到前所未有的新水平。分析从工厂车间的传感器收集的大量数据可确保制造资产的实时可见性，并可以提供用于执行预测性维护的工具，以最大限度地减少设备停机时间。在智能工厂中使用高科技物联网设备可以提高生产力和质量。用 AI 驱动的视觉洞察力取代人工检查业务模型可减少制造错误并节省金钱和时间。只需最少的投资，质量控制人员就可以设置连接到云的智能手机，从几乎任何地方监控制造过程。通过应用机器学习算法，制造商可以立即检测错误，而不是在维修工作更昂贵的后期阶段。

数字化转型的必须要素是什么？还未开展数字化转型，但是有意向的印染企业，这些要素条件是否都满足呢？企业决定进行数字化转型时，选定什么方向作为切入口是合适的？企业进行数字化转型的投入差异是由于对行业共性问题的认知差异带来的，还是由企业自身的特质差异带来的呢？从本企业实际情况出发，当选定生产过程的数字化转型作为转型方向时，对生产过程的哪些方面更为有利呢？从对企业的整体影响角度考虑，数字化转型促进了企业整体效益在哪些方面得到提升？本文研究的最终目的是找到决定企业数字化转型投入大小的关键要素，把握好数字化转型的节奏以赋能企业绩效增长。目前数字化转型是社会热点，但国内在这方面的理论体系还有待完善。论文的研究过程不仅能为本企业的数字化转型做好理论保障，论文总结的实战经验也可以帮助中小企业在转型过程中避开陷阱和误区。

1.3 研究创新性

本文的创新点体现在以下几点：（1）结合印染行业特点，讨论想进行数字化转型而不知道从何入手的传统制造业企业该如何推进工作；（2）通过对行业共性特征的认知差异区分企业数字化投入差异的形成原因；（3）突出推动生产过程数字化的效益研究，贴合生产型制造业企业的最急迫诉求；（4）从多个角度度量数字化转型对企业整体绩效的影响；（5）数字化转型尚缺乏成熟的理论体系，依托实践价值，基于战略框架全面解构数字化转型。

1.4 研究框架

本文结构主要分为理论基础与实证检验两大部分，采用文献总结法对现有的研究进行归纳总结后，利用实证检验法对原始数据进行定性、定量分析。本文在对相关文献进行系统回顾的基础上，运用新的知识与见解，来优化和改善现有实践。

文献研究中，通过对已有研究结果进行搜集、整理、归纳、总结，形成对某一领域的系统了解与认识。总结发现，学术界、产业界对产业数字化有较高的关注度，但是系统地针对于纺织印染业的数字化转型研究仍是空白。

二、文献综述

数字化转型尚缺乏成熟的理论体系，本章依托实践价值，基于战略框架全面解构数字化转型。同时，总结印染行业的相关研究，提炼学术研究对印染行业的关注点，从实践应用层面评述这些研究与本企业实践的联系，提出一些研究展望。

2.1 数字化转型重要性及趋势

数字化转型提升公司的灵活性和效率，优化生产流程，为创新生态系统产生价值主张，并及时响应市场需求（Alcacer´ & Cruz-Machado, 2019; Queiroz et al., 2020; Chen et al., 2018; Dedehayir et al., 2017）。数字化转型对于保持市场竞争力和保持技术创新的前沿性至关重要（Rachinger et al., 2019）。了解数字化技术如何改变企业实践和战略非常重要，在这方面，联合国可持续发展目标提出，发展有弹性的基础设施，提高技术能力，增加最不发达国家的互联网接入，促进小型工业企业进入并融入全球价值链。此外，数字化转型为中小企业提供了有效的工具，使其能够在包括新兴和发达国家在内的外国市场成功探索机会（Bertello et al., 2021）。跨国企业在其商业战略和结构方面进行重大转变，以加强全球一体化（Nachum & Zaheer, 2005; 亚明和辛科维奇, 2006 年; Pisani & Garcia et al., 2019）。此外，数字技术的出现，加上当前全球化和开放国际边界的趋势，减少了许多国家的进入壁垒，使新进入者能够进入竞争已经非常激烈的全球市场（Gefen & Carmel, 2008）。Alcacer´ & Cruz Machado (2019) 认为，“工业 4.0 引领数字化时代”，数字化时代影响商业活动，并允许企业之间的合作增加（Rachinger et al., 2019）；促进企业部门之间的整合（Patrucco & Pero, 2020; Stalkamp & Schotter, 2019）；改进流程、运营、产品设计和制造服务（Haddud & Khare, 2020）；与客户和供应商实现数字生态系统

(Alc'acer & Cruz Machado, 2019; Salvi et al., 2021); 并允许供应链流程的改进和自动化 (Patrucco et al., 2020)。

数字革命和平台改变了企业,为企业家提供了巨大的机会(Nambisan & Wright et al., 2019; 斯特金, 2021; Bouncken & Barwinski, 2021)。Dethine et al. (2020)将数字化转型定义为学术界和工业界使用的“作为表达受数字技术影响的组织变革的关键术语”。数字化转型植根于第四次工业革命(Alcacer' & Cruz-Machado, 2019; Weking et al., 2020)。商业流程的数字化和工业 4.0 的数字化战略将商品和服务生产中的先进技术和颠覆性技术与企业的管理和治理联系起来,并允许全球各行业之间的沟通与合作。数字技术和战略使新产品和服务得以出现(Kohtamaki et al., 2019, 2021),这些产品和服务迅速跨越国际边界,对东道国的经济活动和体制框架产生重大影响。此外,它们可能会在时间、速度、地点、进入模式方法、外国市场的学习和重组(Vadana et al., 2021)以及对当地市场资源和能力的可及性(Coviello et al., 2017)方面影响国际化进程。此外,通过“数字化、现代数据科学和商业智能技术”(Lederer & Riedl, 2020),当企业决定在当地或国外运营时,知识密集型服务和流程改变生活方式,创造新的商业模式和新的制造方式”(Alc'acer & Cruz-Machado, 2019)。数字化转型深刻影响商业模式,因为它重构消费者、企业和供应商之间的互动。当企业使用数字技术创建新的或修改现有的商业模式和流程,或支持组织结构、资源或与内部和外部参与者的关系转型时,学者们将其称为数字化转型(DT)(Brynjolfsson & Hitt, 2000; Frank et al., 2019; Loebecke & Picot, 2015; Vial, 2019)。数字技术几乎影响了现代企业的所有领域,包括但不限于生产、组织层级以及与合作伙伴、供应商和客户关系(Autio et al., 2018; Beverungen et al., 2019; Kretschmer et al., 2022; Majumder et al., 2022; Warner & Wager, 2019; Yoo et al., 2010)。数字化转型研究的起源可以

追溯到 20 世纪 80 年代末, 90 年代初, 当时, 研究人员研究了采用信息技术对组织结构和层次结构以及创新和绩效的影响 (Bloomfield & Coombs, 1992; 德鲁克, 1988; Johnston & Vitale, 1988; Robey, 1981)。随着计算机技术的商品化和互联网的普及, 支持信息技术的商业转型在 20 世纪 90 年代变得突出 (Chatfield & Andersen, 1997; El Sawy et al., 1999; Markus & Benjamin, 1997), 最近这些年, 由于新冠肺炎等全球危机, 随着 IT 系统的范围和力量不断扩大, 数字化转型的研究已经扩展到许多商业、管理和经济学科。如今, 数字化转型是一个跨学科的研究领域, 其贡献来自 IT、创业、战略管理、运营管理、市场营销和组织科学等。一些早期文献回顾了数字化转型的贡献, 并在更好地理解文献方面取得了重大进展 (Hanelt et al., 2021; Reis et al., 2018; Verhoef et al., 2021; Vial, 2019; Zhu et al., 2021)。这些综述有助于通过探索过程发现数字化转型研究的中心主题 (Henriette et al., 2015; Reis et al., 2018; Schallmo et al., 2017)。最近的综述试图将数字化转型研究系统化, 并对这一现象提供全面的看法 (Caputo et al., 2021; Verhoef et al., 2021; Vial, 2019; Zhu et al., 2021)。Hanelt et al. (2021) 扩展了 Vial (2019) 关于结构变化的论点, 认为数字商业生态系统的出现推动了向新组织机制的转变。现有的数字化转型文献综述强调在技术进步的影响下组织变革和重组的重要性。尽管这一主题很重要, 但学术研究仍然缺乏对数字技术进步如何促进组织重新设计和公司性质变化的深入分析 (Menz et al., 2021)。一些早期研究对数字化转型采取输入-过程-输出模式, 如因果模型, 但数字化转型比三步过程更复杂, 数字化转型影响组织的内部结构和层次结构, 研究的范围、边界及结构、深度还需不断拓展。

《中国企业数字化转型研究报告 (2020)》在 SAP 支持下, 由清华大学全球产业研究院李东红研究团队主编完成。通过线上加实地相结合的方式, 历时 3 个月, 深入调研了包

括高端装备制造、汽车、能源、教育、房地产等十余个行业、五十余家企业的数字化转型实践，总结中国企业数字化转型十大趋势为：趋势一：企业数字化转型整体成熟度进一步提升。从管理者到员工都普遍参与到企业的数字化转型中，且对数字化转型的认识和理解进一步加深。趋势二：企业之间的数字化转型步伐差距扩大。国内众多行业头部企业的数字化转型已经从最初的探索尝试阶段发展到数字化驱动运营阶段，转型效果显著。趋势三：数字化进一步推动产业生态的变革与重构。传统线性价值链正扩展为多节点立体价值网，其中的竞合与依存关系也在发生改变，而价值创造的产业边界则不断模糊。趋势四：疫情加速推动企业数字化转型进程。疫情对企业近年的数字化转型成果进行了检验。同时，疫情也使企业更强烈地意识到数字化转型的重要性，加快了各类数字化项目的建设和上线速度。趋势五：人工智能成为数字化转型落地应用最多的新技术。人工智能和机器学习在众多行业中找到落地场景，而 IoT、RPA 等新技术也在财务、生产制造和供应链管理数字化转型等方面得到更广泛的应用。趋势六：业务与技术部门在数字化项目推进中结合更为紧密。数字化转型对企业提出了业务和技术双轮驱动的要求。企业纷纷调整组织架构和 workflows，并通过各种激励和保障机制，形成敏捷的“积木型”协同团队。趋势七：跨国公司在华企业向海外输出数字化转型先进经验。受益于中国更为庞大的生产数据、应用数据和用户数据，众多跨国公司在华企业或制造工厂成为企业全球范围内数字化转型的“先锋”。趋势八：企业对数字化人才的需求呈现爆发式增长。多数企业选择“内部调动+外部引才”方式，组建“复合型”数字化转型工作团队，并同步推进复合型数字化人才培养。趋势九：更多企业从自身需求和痛点出发，量体裁衣。更多的企业从自身需求和痛点出发，寻找到适合企业自身成熟度及发展战略的转型方案，依照急用先行的原则，有节奏地推进项目开发。趋势十：新兴企业数字化建设更加兼容并蓄。生而数字化的年轻企业致力于应用全新的技术手

段和商业模式颠覆传统行业的竞争对手。快速复制全球优秀企业的数字化经验，推动企业数字化建设。

国内学者在系统阐述企业数字化转型的内涵、动因和关键因素基础上也有类似研究，根据“认知—战略定位—战略实施”逻辑构建了一个企业数字化转型的动态过程模型，据此提出评估管理者对企业数字化转型的认知，明确企业数字化转型的战略定位，平衡数字化转型战略实施中人与技术的关系，保持数字化转型认知、战略定位和战略实施的一致性，把控数字化转型的节奏等管理策略，以保障企业数字化转型成功。（姚小涛，2022）

“数字化旋涡”这一术语来源于全球数字化业务转型中心（该中心是瑞士 IMD 商学院和思科的一个合作项目）发布于 2015 年的一篇题为《数字化旋涡：数字化颠覆如何重新定义行业的研究报告》，该报告旨在研究数字化颠覆对各行业的影响程度，并绘出了 2015 数字化旋涡图。之后，分别在 2017 年、2019 年和 2021 年对数字化旋涡图进行更新。对全球 941 位 CEO 或者副总裁级别的高级管理人员进行调查，高管们认为未来 5 年（2015-2020 年）行业内因为数字化颠覆而失去前十名地位的平均有 3.7 家。酒店、餐厅、旅游、金融服务行业为 4.3 家，具有较高风险。而医药、公共事业、石油与天然气等行业面临较低风险。45% 的受访者认为尽管数字化颠覆风险较高，但不是公司管理议程中的首要问题。数字颠覆像一个旋涡，这个旋涡就是各个行业向“全数字化中心”推进时必然经历的过程，将使商业模式、产品（或服务）和价值链最大限度地实现全数字化。各行各业都会向中心（全数字化）移动，越接近中心，全数字化颠覆的程度越大，行业数字化进程越快，全数字化能力越强，行业内企业面临的竞争态势也越激烈。该中心于 2021 年发布研究成果，14 个行业中：媒体 & 娱乐、零售、电信、技术产品 & 服务、金融服务 5 个行业处于数字旋涡中心，受数字化颠覆影响最大，教育、专业服务、健康护理 & 生物制药、消费、酒店和旅游次之，交

通 & 物流、房地产和建筑、制造、能源 & 公共事业处于漩涡边缘，受数字化颠覆的影响最小。制造业在“漩涡模型中”受数字化颠覆影响力在变小。该理论解释了当前各行各业对数字化转型的迫切性差异。

2.2 制造业数字化转型

进一步细化，在印染行业所在的传统制造业，学术研究普遍肯定数字化转型对制造业的正面影响，但是关于如何影响、影响范围和持续时间等维度，尚缺乏统一意见。制造业不仅仅是生产线和系统，制造业更像是一个正在创造和生产的有生命的、适应性的有机体，而不是一个不渗透的、连续的机械化系统，需要最大限度地提高生产效率。这种将工业视为一个由数千个理性主体组成的更有机的宏观系统的观点意味着制造业是一种复杂的适应系统（CAS）。Holland（2013）认为，适应系统（CAS）表现出某些行为，如自组织、混沌行为（初始条件的微小变化产生较大的后期变化），以及自适应交互。有了这些特征，这个行业比通常认为的更具活力，也更脆弱。过去半个世纪以来，数字技术的发展和使用时发生了快速变化，新冠肺炎疫情的影响就是一个例子。这些来自行业内的力量让一些制造业企业别无选择，只能适应或死亡（Getz & Robinson, 2003）。企业需要在有机、动态复杂性的背景下考虑制造业的数字化转型（Kane & Phillips, 2019）。数字化转型一直是一个挑战，但新冠肺炎疫情使我们反思在这场对行业和经济稳定的严重威胁之前、期间和之后对组织变革的看法。将制造业视为一个复杂的适应性系统，将使组织能够在全球疫情期间和之后克服数字化转型障碍。数字化转型具有挑战性，没有现成的解决方案、规则，甚至没有确定理想的结果。Kane et al.（2021）建议将数字化转型作为一个跨数字成熟度的过程来讨论，组织将始终致力于提高其数字成熟度。尽管数字化转型面临诸多障碍，但没有什么比无处不在的心态带来的无形制约更可怕，对企业的生存和战略转型更有害。因此，管理

数字化转型过程需要一套特定的战略工具，既要考虑到自适应系统的复杂性，又要解决组织过程和文化中隐藏的、包容的心态。为了应对现代产品和系统日益复杂的现实，以及客户和业务合作伙伴日益增长的期望，这些产品采用分布式工程进行制造，采用更加数字化的业务合作方式。利用数字创新来改善业务流程、供应链效率、灵活性和可持续性已成为竞争力的必要组成部分。数字技术现在是供应链生态系统不可分割的一部分，几乎不可能找到一个不在修改其技术架构和商业实践以变得更加数字化的组织。数字化转型与其说是将技术添加到生产线上，不如说是从个人和集体组织普遍持有的心态开始，将业务的各个方面从流程转变为文化，正因为如此，需要新的战略举措来实现这种转变。Schwab（2015，2016）认为，在经历了三次工业革命之后，我们正在进入第四次工业革命。第一次工业革命始于蒸汽，第二次工业革命引入了电力、大规模生产和分工，第三次工业革命开始于电子和半导体，结束于计算机和互联网。然而，第四次工业革命现在和将来都不同于过去。第四次工业革命是数字技术、生物和物理系统的模糊交叉。工作和生活方式的巨大变化会迫使所有行业进行全面的数字化转型。

数字化转型的概念有多种定义。首先，数字技术的含义缺乏明确性，其次，该概念的使用方式缺乏一致性。Vial（2009）提出了数字化转型的定义，该定义更好地代表了先前的研究，认为数字化转型是“旨在通过信息、计算、通信和连接技术的组合触发实体属性的重大变化来改进实体的过程”。该定义的一些关键要素值得注意：（1）该定义不是以组织为中心的，因为数字化转型可能发生在社会或行业中；（2）转型成功不是进行数字化转型的内在要求，改进是运营目标；（3）在定义中，数字技术一词并不是为了更好地代表现在，而是希望它能与未来的环境更加相关。先进的数字技术是数字化转型的关键要素。事实上，许多研究都涉及数字化转型的各种技术组成部分，如材料制造、云计算、互联网、机器人和

自动化、大数据和制造分析、人工智能、数字孪生和基于模型的企业 MBE 等。尽管技术在数字化中发挥着重要但矛盾的作用，但数字化转型不仅仅是在组织、行业或社会中获取和使用数字技术。它需要一种整体的方法，而不是对单一技术的狭隘看法。真正的数字化转型也“改变了业务要素，包括战略、商业模式、业务流程、组织结构和组织文化”。Kane et al. (2022) 强调，“如果公司将数字颠覆视为组织和管理问题，而不是技术问题，他们将有效应对这些挑战”。之前的定义与 Govindarajan & Immelt (2017) 的解释相呼应：“数字化转型需要将产品和服务重新想象为数字化资产；通过数据从实物资产和数字资产的互联中产生新的价值；并创造生态系统使之成为可能。”因此，数字化转型需要“对业务和组织活动、流程、能力和商业模式进行根本性的改变”，这种数字化转型甚至可能改变一个组织的身份。无论如何，有效的数字化转型开始和结束时，人们都将自己视为变革的催化剂和推动者。

Mahmood et al. (2019) 按照文献中频率从高到低的顺序，对数字化转型的关键影响和好处进行排名，结果为：价值创造、运营效率、客户关系/参与、新的商业模式和竞争优势。

LiereNetheler et al. (2018) 对六个不同制造业子行业（如汽车、工程等）的 16 名个人进行定性访谈，两个最大的驱动因素是组织的过程改进和客户需求。尽管排名没有那么高，但另一个重要的驱动因素是工作场所的改善。

De Carolis et al. (2014) 试图创建成熟度模型，帮助制造公司评估其参与当前技术和流程数字化的准备情况、优势和劣势。在应用他们的模型时发现，制造业公司已经意识到自己的优势和劣势，并做好了技术转型的准备。

Morakanyane et al. (2020) 确定了七个成功因素（确定数字触发因素、培养数字文化、发展数字愿景、确定数字驱动因素、建立数字组织、确定转型领域和确定影响），这些因素描述了可用于指导组织实现成功数字化转型的行动。每个成功因素被进一步细化为子因素，这些子因素描述了应如何实施主要因素中的行动。同样，Li (2021) 确定了公司向数字化

转型过渡的三种主要方法：（1）通过试验进行创新；（2）通过连续的增量变化进行根本性转型；（3）通过不断发展的临时优势组合实现动态可持续优势。

公司进行数字化转型，不应仅考虑其带来的好处，还应分析在推进过程中面临的诸多障碍。Tripathi & Gupta（2016）列出了数字化转型的 12 个障碍，其中包括数据不足和不可靠性、缺乏基准和参考架构、集成系统的复杂性、技术成熟度低、网络安全威胁和不合适的基础设施等。Raj et al.（2017）确定了数字化转型的 15 个障碍，这些障碍与 Tripathi & Gupta（2020）描述的障碍显著重叠。Mahmood et al.（2020）发现，缺乏有效的战略和技术颠覆是数字化转型面临的最高挑战。因此，尽管许多组织领导者都关心技术，但如何实施、什么技术以及何时实施战略是成功转型的另一个主要障碍。除了证明对这些障碍的更详细和定量的描述外，作者还研究了障碍之间的因果关系，估计了每个障碍对其他障碍的影响程度。Borangiu et al.（2022）验证了上述障碍，并提出了他们的观点，即这些障碍也将是制造业数字化转型的未来挑战。他们将这些发现总结为五类：（1）概念：基于对参考体系结构、决策机制的更通用理解和解释的改进系统设计，以及基于机器学习的异常预测和检测。（2）社会：人类在网络物理系统中的整合，自主和人工智能系统的自主性、法律和伦理方面。（3）环境：适应动态环境、节能、减少废物、风险管理。（4）技术：高性能云计算、实时优化、网络安全、大数据管理和互操作性、数字孪生。（5）技术：数据集成、通信和控制技术、资源和产品虚拟化、边缘和云计算、软件定义网络。Vogelsang et al.（2020）采访了来自不同制造业的 46 位专家，编制了一份制造业数字化转型的常见障碍清单，最大的障碍是技能缺失，而个人障碍（如对失业的恐惧）排在第三位。根据 Buvat et al.（2017）的数据，超过 50% 的公司缺乏成功实施数字化转型所需的数字化能力。然而，即使招聘力度加大，许多公司也发现对数字人才的需求大于供应。但这种对技能的关注与

Kane et al. (2018) 对数字化成熟组织的调查大相径庭。Stentoft et al. (2020) 专门针对中小企业的实证研究中确定了三大类障碍（立法/标准、管理和劳动力），其中没有一类直接强调技术。此外，数字化转型最突出的障碍是管理和文化（Baillie, 2018），这一发现对于将数字化转型视为复杂适应系统发展增长的一部分具有重要意义。这种转变与其说是实际技术（即人工智能、数据传感器、自动化等），不如说是“通过对业务要素（包括战略、业务模式、业务流程、组织结构和组织文化）的组合，对组织属性进行的重大改变”。总之，制造业数字化转型的最大障碍是转型过程中的财务、物流和技术组成部分。尽管这些障碍是真实存在的，应该在不同的层面上加以管理。

组织变革与数字化转型密切相关，有效的数字化转型是整个组织的变革动力，在组织变革过程中，领导者通常关注技能发展。Vogelsang et al. (2019) 指出领导者可能陷入了过于关注员工技能的陷阱。此外，领导者通常过分强调组织成果作为应对组织变革的方式。这使得领导者过于关注变革的技术方面，而不是为了实现所需的变革而需要完成的更全面或更具适应性的工作。因此，管理人员可能会有一种普遍的看法，即他们不仅关注如何进行数字化转型，还需要关注已经嵌入组织文化的普遍心态。如果人们将技术视为一种中立的、不断丰富的、不断破坏性的力量，而不是说它是可以控制和指导的东西，那么制造业的数字化转型不仅是一个明智的想法，而且是行业生存的唯一手段。然而，如果潜在的组织心态是技术、是一股无处不在、势不可挡的力量，威胁他们的工作，那么他们将非常不愿意进行数字化转型（Kane, 2019）。教育员工、组织以统一的方式使用技术对于帮助克服这种消极心态非常重要。最终，一个组织如何看待他们在技术创造、采用和传播中的作用，可能会极大地影响组织变革工作的结果。Christensen (2015) 在试图弄清楚为什么很难维持一家公司持续繁荣时，发现大公司最终对新的机会视而不见，也无法迅速适应企业“非消费

者”市场不断增长的需求，造成“创新困境”。Christensen 提出了一个理论来帮助组织应对这种困境。当在位者专注于为要求最高（通常也是利润最高）的客户改进产品和服务时，他们超越了某些细分市场的需求，忽视了其他细分市场的需要。事实证明具有颠覆性的进入者首先成功地瞄准了那些被忽视的细分市场，并通过提供更合适的功能（通常是以更低的价格）站稳脚跟。当主流客户开始大量采用进入者的产品时，就会出现颠覆（Christensen & Raynor, 2020）。Christensen (1997) 的破坏理论暗示了组织的特定增长曲线或生命周期，这与将组织理解为宏观系统中的微观系统（行业、社会、经济等）是一致的。组织在增长曲线的早期阶段开始或“启动”，然后最终“死亡”，除非如 Robertson et al.(2013)所描述的那样，组织创新并适应新的增长曲线。

从实践角度来看，许多制造业公司都在为数字化转型的概念及其与特定领域和商业战略的关系而挣扎。许多公司未能在其数字化转型愿景中确定自己的进展和地位，也未能制定具体的行动计划。为了提供指导、支持和决策，并帮助确定实施战略的适用性，已经提出了各种模型和机制来评估制造企业在数字化转型方面的准备程度、成熟度和发展状态。其中一些模型来自学术界，而另一些则来自从业者和行业倡议。Mittal et al. (2018) 对成熟度模型进行了全面回顾。在他们的综述中强调，目前只有有限数量的成熟度模型和准备情况评估考虑了中小企业的特殊需求和挑战。一些最早的成熟度模型几乎完全关注技术及其在组织内的使用方式。这些模型中的许多都是基于信息系统领域中使用的评估，例如能力成熟度模型（CMM），CMM 的开发是为了评估软件系统和相关项目的开发和组织，包括人力资源管理、项目规划和 IT 治理等各个方面。完全或高度关注技术的成熟度模型的最大限制是，它假设组织的总体性能与其性能方面的成熟度水平相匹配。最后，从更普遍的角度来看，目前的数字成熟度模型无法满足中小企业的一些特定需求。Mittal et al. (2018)

呼吁建立新的数字评估模型和工具，以适应中小企业的具体要求。有大量关于数字化转型战略和流程的研究，其中许多都有自己的地理或学科视角和行业重点。一些人专注于敏捷方法（Kane & Phillips, 2019），而另一些人则只关注各种形式的战略（Ismail & Khater, 2017）。Borangui et al. (2020) 认为，制造业的数字化转型基于以下技术进步：（1）利用制造资源、产品和环境；（2）使用多种通信技术以面向服务的方式互连订单、产品/组件/材料和资源；（3）基于本体论和数字孪生的制造价值链智能决策，基于 ICT 融合，以及虚拟工厂中复杂制造价值链。尽管似乎没有“一种”正确的方式来进行数字化转型，缺乏有效的战略是数字化转型成功的主要障碍。

世界经济论坛（WEF）主席 K. Schwab 教授在其著作《第四次工业革命：转型的力量》中提出第四次工业革命，即数字化革命，比前三次工业革命影响力更大。是集纳米技术、大脑研究与医学、材料科学、3D 打印、无线通信网络、人工智能与机器学习、大数据、机器人技术及日益增长的计算机能力等多个领域的产物。数十亿人可以用上数字化技术，促进人类历史上前所未有的创造力和创新浪潮出现。组织领导者和管理层必须学会利用新的机会以应对风险，C. Reilly & M. Tushman 在《引领与颠覆：如何解决创新者困境》中呼吁，组织领导者，无论是个人还是组织层面，在被变革浪潮吞噬前，都应该尽早进行数字化变革。目前，较多学者认为企业数字化转型不仅仅是传统的 IT 后端过程，而是影响整个组织，重新定义战略、创业过程、创新和治理机制的过程，导致出现新的企业价值链组织方法和企业间关系，这些新方法现在越来越多地出现在数字生态系统和市场当中（Carmelo & Cennamo, 2020），它底改变了企业开展业务的方式以及与消费者、供应商和其他利益相关者建立关系的方式，促进商业模式创新和客户价值创造。Altimeter Group 的 Brian Solis 是数字化变革领域的杰出顾问，他最早使用“数字化时代的达尔文主义”这个术语。数字化时

代的达尔文主义是技术发展和社会发展快于组织发展的过程，也是逐渐发生的选择过程，即对成功适应数字化时代的组织与无法在数字化时代生存、停止运营或者被其他组织收购的组织进行选择。标准普尔 500 指数成份公司的平均寿命从 1965 年的 33 年下降到 1990 年的 20 年左右，预计到 2026 年将下降到 14 年左右（Solis, 2022）。香港中文大学商学院张晓泉教授等合著的《数字跃迁：数字化变革的战略与战术》中指出，组织的存活时间将会缩短。然而，现在有一种解释更加引人注目：数字化颠覆。随着那些成功利用数字化技术并创造性的使用他的组织获得迅速成长，许多组织被挤出榜单。据专家预测，这一趋势在未来几年内可能会加剧，所有组织均不能幸免于数字化颠覆的影响。该书第三章提出数字化的终极目标是“敏捷的组织-Agility”。商业环境变得越来越混乱、动态化并难以掌握。一个机会常常在一年内就会消失，一个目标在几个月之内就需要被实现。组织的敏捷性（Agility），通过缩短计划和执行周期来发展瞬态竞争优势。数字化改革是组织借助数字化技术和数字业务让商业模式发生重大变化的过程，其目的是提高企业的绩效。数字化变革是重要且持续的变化过程，要求组织采取新的、不同于当前立场的方法。这不是简单的、渐进的改变，而是具有深远意义的改变（Wade, 2015）。麻省理工学院斯隆管理学院数字经济研究中心首席科学家 Dr. George Westerman 在其合著的 *Leading Digital* 一书中说，数字化战略是公司通过技术改变其经营方式的方法。不幸的是，不少公司更注重数字化而不是战略。全球最具权威的 IT 研究与顾问咨询公司 Gartner 公司的 Mark Raskino 和 Graham Waller 在其著作《以数字化为核心：重布行业、重构企业、重塑自我》中提出，组织必须思考数字化技术是如何改变组织本身、产品、服务、流程以及重塑业务的，而不仅仅是思考数字化技术是如何支持组织工作的。数字化变革往往涉及组织的核心与本质。

综合以上学术研究和实践经验总结不难发现，印染企业中高管想要从当前的既有知识中提炼数字化转型的具体措施与思路是不现实的，这与以下几个因素相关：（1）以上列举的组织、技术等要素的相互影响在所有产业具有一定的广泛适用性，特别是对于技术创新要求高的公司，在印染这类存在了上千年的传统制造业，很多普适性的矛盾未必那么重要；（2）企业经营中，特别是良性运行的企业，中高层管理人员更关注具体问题的解决方案，往往都是一些很小的经营管理问题或者技术难题，管理层通过不断的优化管理、优化技术，不断试错找到问题的解决方案，这一点在学术研究中普遍不太受到重视；（3）数字化转型的理论文献更多来自国外，国内对这方面的研究还处于不太成熟的阶段，中国与海外发达国家的国情有明显区别。

2.3 印染行业相关研究

印染行业属于纺织大类中的一个细分行业，当前与行业相关的研究论文主要关于清洁生产、废水管理、染色助剂、节能减排等，与数字化相关的研究是数码印花，可见当前行业内对从生产管理到产品营销的全流程数字化转型均缺乏足够的讨论，相关的研究文献极为匮乏。如果将范围扩大到纺织业，有部分文章对数字化转型进行了讨论。

彭伟（2021）对山东省纺织服装产业数字化转型升级中的问题进行总结：纺织行业企业核心技术力量集中度偏高；纺织服装产业企业组织管理模式创新度与数字化转型不相匹配；纺织服装产业链“数据孤岛”现象亟需打破。纺织服装产业数字化转型需搭建更多官方互联网数据服务平台，畅通产业链信息流通；分散”+“集中”并重，提升行业科技力量；全流程优化管理模式，激发行业人才吸引力。

周旭霞（2021）指出，杭州的服装产业现状为：产业体系完备，服务平台领先；龙头优势明显，产业集群凸显；规上企业减少，利税总额下降；效能提升缓慢，需求供给失衡。

在数字化转型方面，目前杭州大多数纺织服装企业还处于数字化应用早期探索阶段，企业的数字化进程缺乏系统理论指导和成功经验参考。需重点推进 MES（制造执行系统）、ERP（企业资源计划）、PLM（产品生命周期管理）等系统互联互通，搭建用户参与的设计界面，实现对个性化需求的敏捷响应和快速交付，推动建设服装企业生产服务平台。

纺织服装行业的数字化困境体现在以下几个方面：（1）企业数字化认知不足，普遍缺乏清晰的目标与有效策略。部分企业倾向于在生产方面引进先进的信息化设备，没有向更深层级的数字化进行挖掘；（2）数字服务商较为缺乏，缺乏能够实施“总包”的数字服务商，且数字化方案多是通用型解决方案，无法满足企业个性化、一体化需求。市场上软件、大数据、云计算等各类数字业务服务商良莠不齐，行业缺乏标准与规范性，选择难度较大；（3）企业数字化成本高昂，确实有些力不从心，投入能产生多少收益心里也没有底。

三、纺织工业与印染产业介绍

3.1 纺织工业与印染产业介绍

3.1.1 基本情况

纺织业是我国国民经济的传统支柱产业和重要的民生产业，在促进国民经济发展、繁荣市场、吸纳就业、增加国民收入、加快城镇化进程、促进社会和谐发展等方面发挥着重要的作用。经过几十年发展，我国已经成为纺织强国，形成了纤维原材料、纺纱、织造、印染、服装、家纺、产业用、纺织机械等完整的纺织产业链，创新能力不断提升，产业体系持续完善，产业组织更加集约。

印染行业作为纺织产业链中提升产品品质、丰富产品功能，推进绿色发展、展现责任担当，实现美学价值、创造市场价值的关键环节，是纺织工业科技、时尚、绿色产业定位的重要体现。印染行业的发展为服装、家纺和产业用纺织品等下游产业提供重要的技术支撑，为满足人民对纺织产品新需求、引领绿色时尚新潮流提供重要保障。

随着日益多样化、个性化的消费需求的持续增长，追求时尚、环保和功能性纺织品成为消费主流，纺织服装面料不仅要求花式品种丰富多彩、穿着舒适、色彩美观，还要求具有易洗、免烫、防缩水、环保等性能，某些特定用途的纺织面料还要求具有如防水、防油、防污、阻燃、抗静电等特定功能以及多功能复合，这些都对印染行业提出了更高要求，印染在纺织产业链中的价值日益凸显。

3.1.2 行业规模

“十三五”以来，我国印染行业规模以上企业印染布年产量总体保持在 500 亿米以上。2020 年，受突发新冠疫情影响，印染布产量有所下降；2021 年，随着全球新冠疫情的逐步缓解及各国宽松的货币政策，市场需求逐步释放，印染布产量突破 600 亿米，创历史新

高；2022年，我国疫情多地多轮反复，对印染行业生产造成一定影响，叠加国内外需求不足，印染布产量再次呈现负增长态势。根据国家统计局数据，2023年印染行业规模以上企业印染布产量558.82亿米，同比增长1.30%，规模以上印染企业营业收入2986.15亿元，同比增长1.44%。

3.1.3 发展质效

“十三五”以来，我国印染行业经济运行总体平稳，主要经济效益指标保持在合理区间。2016-2019年，规模以上印染企业营业收入和利润总额保持增长态势，2020-2022年，受新冠疫情、地缘政治、货币政策等复杂因素影响，营业收入和利润总额有所波动。从销售利润率来看，规模以上印染企业销售利润率整体保持在5%左右，2022年销售利润率下滑至近年来的低点。展望2024年，经营环境复杂严峻，全球经济增速放缓已成为普遍共识，贸易保护主义依然盛行，全球产业链、供应链格局将加速调整和重塑。

3.1.4 产业布局

经过长期发展，中国印染企业主要集中在东部沿海水源丰富和经济发达地区，包括长江流域、珠江流域、淮河流域、东南诸河，海河流域、辽河流域也有一定分布。从省份看，中国印染产能主要集中在浙江、江苏、山东、广东和福建五大省份。2022年五大省规模以上企业印染布产量印染布总量的93.7%以上。其中浙江省印染布产量长期以来居全国第一，产量占全国比重均在50%以上，其次依次是江苏、福建、广东和山东。近年来，广西、贵州、湖北、河南、新疆等中西部地区结合本地在区位、原材料资源、劳动力、产业基础等方面的优势和特色，积极发展印染产业，印染规模有所扩大，沿海五省印染布产量占比小幅下滑。

3.1.5 科技创新

印染行业整体技术水平取得明显进步，生物酶前处理、冷轧堆前处理、棉织物低温漂白、高牢度涂料印花等技术在行业内得到普遍应用；低盐低碱活性染料染色、数码喷墨印花、无氟防水整理、定形机废气高效收集处理及余热回用、废水膜处理及回用等技术的应用面进一步扩大；活性染料无盐染色、涤纶织物少水连续轧染、液态分散染料印染、分散染料碱性染色、低尿素活性染料印花等一批先进适用技术取得突破并实现产业化应用；超临界 CO₂ 流体染色、张力敏感织物全流程平幅轧染等技术研发取得重大进展。装备整体水平不断提高，更加环保高效，同时自动化数字化水平明显提升，针织物连续平幅前处理及水洗设备、化纤机织物平幅前处理及水洗设备等节能减排装备的应用面不断扩大；小浴比低能耗的溢流染色机、气流染色机、气液染色机逐渐成为间歇式染色的主流装备；数码喷墨印花设备的印制速度和精度明显提高，OnePass 设备、数码+网印联合机、双面数码印花机等新型数码喷墨印花设备在数码印花细分领域得到应用；工艺参数在线监测与控制系统、自动滴液系统、染化料自动称量配送系统、印花自动调浆系统、染缸集控系统、智能仓库等印染自动化系统和装备逐步得到推广应用，印染全流程数字化控制系统在部分企业得到创新应用。

3.1.6 绿色发展

印染行业是纺织工业“科技、时尚、绿色”发展的重要组成部分。多年以来，印染行业深入贯彻国家各项环境管理政策和规范标准，大力推广节能减排先进生产技术和污染治理技术，绿色发展扎实推进。“十三五”期间，印染行业节水工作取得新进展，机织物单位产品水耗由 1.8 吨/百米下降到 1.5 吨/百米，下降幅度为 17%；针织物单位产品水耗由 110 吨水/吨下降到 95 吨水/吨，下降幅度为 14%；印染行业单位产品综合能耗下降近 15%，其

中，机织物单位产品能耗由 41 公斤标煤/百米下降到 35 公斤标煤/百米，针织物单位产品能耗由 1.4 吨标煤/吨下降到 1.2 吨标煤/吨；印染行业水重复利用率由 30%提高到 40%，提高 10 个百分点。这些成绩的取得来自于印染企业和纺织装备业智能化、数字化的提升。

3.1.7 发展瓶颈

当前，印染行业转型升级取得了明显成效，但行业高质量发展过程中还面临一些瓶颈性问题。主要包括：（1）数字化水平整体不高，数字化推进速度有待提高；（2）综合创新能力有待加强，创新研发投入不足，创新型人才缺乏，创新成果转化效率有待提高；（3）环境要素的刚性制约不断强化，环保压力持续加大；（4）部分关键核心技术和高端装备对外依存度高，亟需加快补短板强弱项；（5）高端产品有效供给不足，产品结构和市场结构有待进一步调整。

3.2 印染行业数字化转型现状

3.2.1 数字化发展现状

2021 年工业和信息化部印发《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》，以智能制造为主攻方向，以数字化转型为主要抓手，推动工业互联网创新发展；2022 年国务院印发《“十四五”数字经济发展规划》，提出大力推进产业数字化转型。利用自动化、信息化、数字化、智能化技术改造传统行业，已经成为实现行业转型升级、提质增效的重要手段之一。2022 年中国纺联印发《纺织行业数字化转型三年行动计划（2022-2024）》，拟推进纺织行业工业互联网平台、工业互联网示范基地、工业互联网重点实验室等平台建设，其中对印染行业数字化转型提出新的要求。印染行业需重点培育推广智能排产、染化料自动输配送、印花自动调浆、染缸中央集中控制、染缸自动进出布、颜色数字化管理、智能验布、废水处理数字化等解决方案。

随着我国产业两化融合的深入推进，印染行业不断采用信息化、数字化、智能化装备技术，有效提高印染企业的生产效率、细化管理颗粒度，逐步向高质量发展转型，“智能制造”已成为印染行业转型升级、高质量发展的核心。“十二五”以来，印染行业两化融合发展水平显著提高，局部模块式自动化装置种类越来越多，应用面逐步扩大。就如下 5 各方面展开：

（1）工业软件方面：资源计划管理系统（ERP）、生产计划排程系统（APS）、制造执行系统（MES）、染缸中央集控系统 etc 数字化管理系统在行业内得到不同程度的应用，ERP 软件的普及率较高。

（2）工艺装备方面：单机台的自动化控制和数字化水平显著提升。溢流机、气流机等染缸除了进出布需要人工辅助外，基本实现全自动化控制，工艺温度、升温速率、保温时间、进水排水、压力等参数实现中央集中管控。连续前处理、轧染、印花、定形等设备，实现机械参数、主要工艺参数在线监测与控制，生产过程中对产品质量进行实时监控。部分优秀企业对水、电、汽等资源、能源消耗进行在线数据采集、分析。

（3）生产辅助装备方面：实验室染料自动滴液基本得到普及；染化料自动称量配送、印花自动调浆、智能整纬、自动测色配色、定形机火灾自动报警、成品自动包装及分拣、自动化立体仓库等设备和系统应用面逐渐提高；物料自动装卸装置、AGV 小车和自动化叉车等车间物料智能物流装备得到应用；智能验布、废水处理数字化管理等设备和系统逐步完善成熟中。

（4）云平台建设方面：目前还处于起步发展阶段，云平台建设主体数量较少，数据类型不够全面，数据分析不够深入，平台大数据与企业生产经营之间的结合度不够紧密。云平台建设主体主要有地方政府、印染企业、印染设备企业、信息化服务商和电商平台等几类。目前跨企业的云平台建设有一定的局限性，比如通过设备参数、工艺参数、资源消耗等

数据分析进行设备监控、优化工艺、资源管理等，但一些敏感数据的采集以及对数据的深度开发、个性化利用还不够充分。龙头企业的云平台建设可完全根据企业自身发展和需求情况，数据采集更全面，更易于深度开发和利用，例如盛虹集团有限公司的“盛虹智慧印染工业互联网平台”成功入选 2020 年工业和信息化部《2020 年制造业与互联网融合发展试点示范名单》。

(5) 印染企业智能化发展方面：筒子纱全自动智能化染色装备和技术已达到国际领先水平，已建成筒子纱智能染色工厂。“十三五”期间，华纺股份有限公司、福建省宏港纺织科技有限公司、上海嘉麟杰纺织品股份有限公司、绵阳佳联印染有限责任公司等企业先后入选工业和信息化部“两化融合管理体系贯标示范企业名单”。这类企业在实施两化融合过程中，通常从以下几个方面进行规划：一是建立完备的信息化管理系统；二是尽量打通设备间的数据传输通道，实现设备的互联互通；三是通过对工艺参数的自动化设定和控制，实现工艺“上机”、优化工艺；四是通过排产软件和算法，优化印染生产流程动态调度，实现设备利用率和生产效率最大化；五是提高各类生产辅助装备的智能化水平。此外，优秀企业善于探索和应用新技术新模式，比如物联网 FRID 技术、远程诊断技术、智能验布技术等。

3.2.2 对行业的重要意义

印染行业以湿热加工、化学加工为主，产品种类繁多，生产工艺复杂，涉及的生产装备类型多，信息化、智能化转型难度较大，虽然近两年发展速度明显加快，但仍处于初级阶段。推进数字化转型是印染行业转型升级、高质量发展的必经之路，对培育和提升企业核心竞争力起推动作用，具体表现在以下方面：

- (1) 提升工艺重现性和产品稳定性；
- (2) 提高生产效率和生产组织能力，提升市场响应速度和应变能力；

(3) 减少用工人数，缓解招工难、用工成本高的问题；

(4) 降低染化料用量、水耗、能耗等资源、能源消耗，降低废水和污染物排放量，提升节能减排和清洁生产水平；

(5) 提升生产现场管理水平，有助于实施精益生产管理；

(6) 改善和优化作业环境，提升企业形象。

3.3 数字化转型面临的问题

(1) 硬件和软件发展不平衡，部分国产软件系统的稳定性、成熟性有待进一步提高，如 MES 系统、APS 系统等；(2) 印染模块式智能化之间难以有效衔接。通常服务商专注于一个或多个智能化解决方案，缺少综合性的智能化解决方案服务商，未能一站式提供全部印染智能化解决方案；(3) 两化融合专业人才紧缺。印染企业缺少两化融合建设所需的信息化自动化领域专业人才，以智能化解决方案服务人员为主，印染企业人员为辅，信息化自动化和印染两个领域的综合人才更少。

3.4 亟需重点突破的难点问题

(1) 部分高端零部件和控制系统对外依存度较高，如数码印花喷头、高性能传感器、高端的设备集成及控制系统（MES）等；(2) 部分模块式智能化装备技术的可靠性成熟性不高，还需进一步研发完善，如染缸自动进出布、印染面料智能验布等技术；

(3) 工艺参数的数据采集、分析、反馈应用三个层面，目前采集层面相对比较成熟，分析层面次之，反馈应用层面还有很大提升空间。

3.5 重点推进领域和政策建议

重点推进企业生产线的智能化技术改造，加快智能制造单元、智能生产线建设。一是进一步推广应用相对成熟可靠的模块式智能化装备，加强部分不成熟的智能化装备和技术的

研发应用。二是进一步加强软件系统的开发应用，提升国产 MES 系统、APS 系统的成熟性和可靠性，加强设备运行系统的移动端系统开发。三是以工业互联网平台为依托，加强企业内部、上下游企业之间、生产设备与信息系统的互联互通。

提供印染企业数字化建设的政策保障，鼓励企业进行智能化改造，通过税收减免、财政补贴等手段提供一定比例的资金支持。企业和院校合作加强对两化融合专业队伍建设，特别是重视既懂印染专业技术又懂信息技术的复合型人才的培养。重视企业数据外泄和网络安全，一方面加强对内部人员的信息安全培训，避免数据从内部外泄，另一方面采取数据加密、设置防火墙等防护措施，避免数据被外部窃取。

3.6 典型案例--华纺股份有限公司

华纺股份有限公司建立了印染制造业先进的管理模式和业务流程，建有信息化基础应用管理平台，应用于企业管理、生产、研发的各个方面，覆盖公司总部和各地分公司。在硬件方面，大型光纤局域网已覆盖了集团总部及异地分公司；在信息化系统建设方面，逐步实施了 ERP、CAD/CAE、MES、OA、视频会议、网络电话、企业网站等网络基本应用和以连接数据库为基础的信息服务系统。

生产智能制造管理系统由多个不同应用系统深度集成，以提高整个生产制造过程的高度自动化和智能化。通过将信息技术与制造技术深度融合，以实现自感知、自诊断、自优化、自决策、自执行的高度柔性生产模式为目标，实现了智慧华纺的整体规划，并付诸实施。以数字印染工厂为突破口，打造创新型的生产模式，通过生产参数数据链管理和设备联动管理，进行参数感知、数据分析、指令反馈执行、设备互联等四个层面的智能化改造，具体说明如下：

(1) 动态感知生产对象和生产过程，打造透明工厂

通过设备联网，全面在线监测设备运行参数；将单机台模式的生产监测数据转换为完整数据链，建立了全流程生产过程工艺参数监测数据链和自积累工艺知识库。通过高分辨率图像实时获取技术、基于织物图像样本的快速特征采集技术得到实时的包括色差、白度、颜色符样、花型符样等实时在制品质量指标；通过高精度数字传感器采集染液各项可直接测量的工艺指标，通过软测量算法，依靠可直接测量的二次变量来得到染液其它工艺指标；通过 RFID、条码技术，实时获取在制品状态信息。

（2）实时分析生产要素，全面掌握运行趋势

对工艺参数历史数据进行挖掘，探索上下道工序工艺、同一工序多工艺参数、工艺参数与外围参数之间的相关性，建立相关性模型，实现在线预测和参数校正。以生产过程中在制品质量指标和成品质量要求为因变量，以监测工艺参数值为自变量，建立织物质量对不同工艺参数的多元回归方程，分析关键工序和工艺对织物不同质量指标的影响。

（3）基于数据分析，实现自主决策

基于历史数据分析所获得的工艺参数、参数质量相关性信息，结合生产过程实时监测数据，实现对染整生产的前馈控制，对参数预设值进行实时修改。将前馈控制与反馈控制相结合，找到根据实际生产环境设计生产参数控制的自学习修正方法。实际生产环境与预设值预设环境不一致的情况下，系统可以进行有效处理，实现工艺参数的自动化设置与动态调整。通过可插拔式通用印染生产计划排程的调度系统，实现生产调度的多目标（包括订单交期、效益、效率、能耗等）、高效、可扩展（灵活定制调度目标和约束条件）等功能。系统应用后，各种基于数据决策的、经过优化的生产指令，源源不断的下达到各生产设备，在整体上优化的工厂的生产运行，增强了企业的自动化管理水平，在提升成品质量、保证订单交期、提高生产效率、增加效益的同时减少生产能耗。

（4）设备联网，系统联动，精准执行

现有印染设备的监测、控制系统接口及交互格式种类各异，不同设备监测及控制数据难以共享，数据分析能力弱，反馈欠缺。公司建立了对全流程各工序的交互接口标准、监控网络平台、监控数据存储平台、查询处理平台，实现了工厂生产设备之间以及设备与软件系统之间的互联互通。通过设备改造与接口交互，实现设备的远程集控功能，生产设备可以实时接受软件系统的自主决策指令和人工交互指令，并执行。研究假设及机制分析

3.7 典型案例—富丽达纺织控股有限公司

富丽达成立于 1988 年，公司集众多纺织、印染荣誉于一身，长期重视信息化、智能化、数字化管理能力提升。相较之前，在来样登记、染色工艺调用、生产管理、成品交付等整个印染产业链条，采用人为操作的方法，精细生产根本无从谈起。管理上，跨部门间因沟通不及时不到位、数据不准确，容易导致工作上的失误。对流程管理缺乏及时、有效的监控手段，同时也无法及时反映订单的实际完成情况。种种不利因素终将影响到产品生产过程的质量控制，也使得管理层无法实时进行全局控制，影响了经营管理和决策水平。

为此，公司开展了四个方面的数字化建设实践，生产计划调度、工艺流程监控、设备设施监控、能源能耗管理。经过一段时间努力，较高地提升了绿色化智能化水平，节约印染染料和化学品 14%，降低废水排放量 10.08%、单位产品产量能耗降低 10%。为企业带来客观的收益。在印染车间实际操作中，由于工作时间和工作环境制约，工人们难免会受到倦怠疏忽、情绪波动、注意力不集中等因素的影响，导致印染生产质量不稳定。质检缺乏数字化支持，不能及时、准确地发现面料的缺陷和疵点。质量检测数字化能降低因纺织面料质量检测而造成的影响。总体而言，以富丽达为代表的印染行业企业仍然会以“智能制造”为主攻方向，工业互联网、人工智能等新一代信息技术为着力点，加快推动企业数字化转型。

四、研究假设及机制分析

本文以本人所处的印染行业为研究范围，首先，印染企业普遍意识到数字化转型的重要性，但是目前尚缺乏成熟的转型思路，本文从转型要素、转型方向、转型认知三个决定因素层面研究其对数字化转型投入的影响。其次，从生产过程效益、企业效益两个方面衡量，研究数字化投入的经济后果。最后，研究数字化投入对企业效益产生影响的作用机制，帮助企业形成明确的转型方案、转型预期。

4.1 数字化转型要素

Westerman et al.(2014)采访 50 家年销售额在 10 亿美元以上，且横跨 15 个国家的 157 名公司高管，总结数字化转型的九大要素为：价值诉求、客户细分、渠道、客户关系、关键资源、主动活动、成本结构、现金流。SAP 公司数字化思想与支持部门提出数字能力框架模型，指出数字化企业需要提高三大能力（Uhl & Gollenia, 2014）：（1）创新能力。对组织来说，创新意味着能够定期地将观点转化为产品与服务，这些产品与服务有助于促进业务流程敏捷化、快速化。组织必须投资开发创新这一能力。创新不是自然就存在的，也不是自发而成的，而是在很大程度上依赖于组织文化而生。对公司来说，理解创新是实现成功的重要因素之一，是至关重要的。（2）转型能力。转型是漫长而富有挑战性的过程。要想取得成功，组织必须具备领导和管理能力。为此，组织必须明确定义相关负责人，明确数字路线图中各种举措的优先顺序，组建领导团队并发挥长期作用，分配适当的资源和人力等。至关重要的是，参与转型过程的员工必须具有高度的积极性，并充分了解他们参与创建的内容。公司需要进行有效的沟通，使所有利益相关者都能理解并紧跟数字化变革的步伐。公司可能尚不具备相关转型能力，但绝不能忽视投资开发这些技能。（3）IT 能力。IT 部门必须选择正确的数字化技术，将其与现有系统集成，开发新功能，并帮助用户接纳新

的数字化系统,还要对其进行维护和后续运营,IT部门必须采用新的业务流程(如DevOps、双模IT、敏捷等)。IT部门负责管理运营和服务,如果IT部门和业务部门之间没有建立真正的合作伙伴关系,将会导致转型过程面临高风险。数字能力框架与上述三种能力一起对数字化变革的三大目标做出明确定义,这些目标是数字化变革的必要组成部分:(1)以客户为中心。(2)高效的知识工作者。(3)卓越的运营。Sivan(2014)提出六种数字化转型的变革要素。其中三种为外部变革,体现为影响组织提供给消费者的产品和服务的变革。(1)从原子到比特;(2)从实体空间到虚拟空间;(3)从产品到服务。三种内部变革为影响组织的竞争策略及商业模式的变革。(4)从可持续竞争优势到短暂竞争优势;(5)从颠覆性创新到毁灭性创新;(6)从商业模式到数字化商业模式。

数字化成熟度反映公司准备好使用数字化技术的水平,以及当前实施数字化技术在开展业务和创造竞争优势方面的范围、深度和有效性。评估组织数字化成熟度的公认方法是评估对于成功实现数字化转型至关重要的维度。这些维度通常包括:1)数字化愿景和战略。公司是否制定了连贯的数字化愿景和与之相匹配的战略来实现这一愿景?愿景和战略的清晰程度,以及与所有员工的沟通情况好坏。2)组织文化。什么是组织文化?它鼓励创新吗?组织是否鼓励员工尝试新想法,以及组织是否准备好承担创新过程中的风险?3)客户体验。组织提供的客户体验质量如何?客户体验是否具有持续性?体验是否具有高质量?组织使用什么渠道与客户接触,客户对他们所接受的服务满意度如何?4)业务流程。组织的业务流程质量如何,在多大程度上具备数字化和敏捷性?5)技术技能。技术技能水平如何?哪些是组织所欠缺的?是否有留下组织人才的程序?6)技术。组织的技术架构如何?是封闭的还是开放的,能应付新的挑战吗?其敏捷度如何?IT部门的开发和操作流程是否支持实现敏捷性开发?组织对先进技术了解多少?

IDC（国际数据公司）是全球著名的信息技术、电信行业和消费科技咨询、顾问和活动服务专业提供商。IDC 首席研究员 Meredith Whalen 总结了数字化转型成熟度模型的 5 个阶段：（1）数字化变革的“东拼西凑”。“数字抵制者”是一个不能识别数字化变革会带来威胁的组织，它反对数字化改革。（2）数字化变革的机会主义。“数字探索者”以机会主义的方式应对挑战，允许业务部门启动和试验各种数字化技术。管理层知道正在进行的数字化变革，但认为其与自己所在的部门无关，因此不必耗费精力制定数字化战略愿景。管理层和董事会没有讨论过数字化变革，更没有集中指导或协调数字化计划。这种类型的组织生产的数字化产品和经验不一致，难以集成。（3）采取有序、统一和可重复的数字化举措，成为“数字执行者”。组织制定了数字化愿景，尽管这一愿景并没有得到高度的重视。该组织管理结构分明，其中包括执行委员会、情况报告部门和风险管理部，有助于各部门推进数字化计划的实施。组织提供一致的产品和经验，但缺乏创新。（4）通过系统化的管理方法，成为“数字转型者”。组织有明确的战略愿景，并确保整个组织进行高效沟通。执行管理层和董事会将数字化确定为一个优先的主题。该组织已经制定了数字化转型路线图并开始实施，同时也已经组建了一个数字化团队来领导变革。团队由首席执行官亲自领导，或者由新上任的数字化首席执行官领导，或由市场营销副首席执行官和信息技术副首席执行官共同承担责任。行业领先者会提供世界级的产品和经验。（5）通过最优方法，成为“数字颠覆者”。组织正在实施数字化转型计划，并且可能已经处于高度发展中。通过采用创新的数字化模型，改变了组织原有的商业模式，甚至影响了其所在的行业和其他行业。该组织对数字化时代有着透彻的了解，通过发展中的共享经济成立联盟，创建或加入更广泛的商业生态系统中，利用数字化技术实现差异化和取得竞争优势。这一阶段，组织对现有市场重新进行定义，并根据自身优势创造新的市场。

总结以上数字化转型战略实践经验资料不难发现，以上战略更偏向于企业数字化战略或企业 IT 战略框架，适用于存在多条业务线，且业务架构复杂的集团公司。中国的印染产业目前占据全球绝大多数产能，商业模式简单，数字化并未成为驱动企业成长的核心战略，企业的核心竞争力在于低成本及产业配套优势，预期这种产业现状在未来的 10 年以内还将维持，但是，数字化能力提升会逐步协助提升企业经营效率，助力企业进一步降低综合成本。故而，印染行业的数字化转型要素应自下而上进行总结，而非自上而下的借用管理咨询或者战略咨询的成熟、新颖概念。

印染行业的转型升级之路就是要从低成本劳动力、高资源能源消耗、产品附加值低的加工模式，发展为高技术含量、高产品质量、高附加值的智造模式。当前，我国整个制造业转型升级的重点方向是信息化与工业化的融合发展，而“大数据+制造业”是两化融合的重要目标，对制造业创新驱动发展意义重大。经过二十几年的发展，印染行业头部公司已逐步由规模发展向高质量发展迈进，努力实现两化融合，在此基础上开展下一代互联网、大数据、物联网等前沿技术的集成应用，促进企业管理的科学化、网络化、智能化，同时实现降低能耗、提高效率、减少排放，最终实现绿色发展。

本文汇总多位行业资深人士的观点，结合纺织行业协会近五年的行业发展报告中对行业当前现状的调研与总结分析，提炼数字化转型要素为：经营者对数字化的理解、资金充裕度、相关人才储备、信息化应用能力、生产流程规范、行业指导规范、政府政策支持，总计 7 个要素。当企业回顾自身状态时，可以基于本企业的实际情况摸清进行数字化转型的要素是否都具备，要素完备的企业，其管理层对于推进数字化转型的信心更加坚定，要素不足的企业，则需积极补齐短板。具体来说，经营者对数字化的理解越深入，更能驾驭企业的数字化过程。公司的可支配资金越充足，更能支持企业持续对数字化转型进行投入。公

司的人才储备越充足，公司进行数字化转型时，才能有充足的人力资源进行项目落地，有效执行公司的数字化转型战略。公司的信息化应用能力越强，公司进行数字化转型时，更能创造性的把数字化转型工作执行得更好。公司的生产流程越规范，公司进行数字化转型更有针对性，可以进一步优化提升效率，减少不必要的沟通障碍与资源浪费。出台行业指导规范，引导行业良性发展，公司进行数字化转型时更能与外部取得协同，实现“抱团取暖”，有利于构造良好的行业生态圈，促进企业共同进步。政府政策越支持公司进行数字化转型，可以为企业发展带来更多外部资源。为此，提出以下研究假设：

假设 1：数字化转型要素的重要性越强，公司数字化转型的投入越大。

4.2 数字化转型方向

企业数字化转型的方向与路径角度，MIT 的一项研究调研 813 家企业的 CIO，51%的受访企业仍处于较传统的产品驱动阶段，不到 1/4 的企业做到了创新、效率、良好客户体验、数据成为战略资产。该研究讨论了数字化转型的四种路径，企业选择不同的转型路径，也就基本确定了转型的主要方向：（1）先进行标准化。这些组织投入大量资源将其系统转换为标准系统，继而更改业务流程；实现数据标准化（消除重复、提高数据质量，并将其转换为所有应用程序的共享数据）。这是一条漫长、复杂且代价高昂的道路，甚至有时候，组织中的系统将会进入无法继续使用的状态，进而无法支持先进的数字流程和解决方案。（2）先提升客户体验。将资源投入到应用程序开发上来改善客户体验和移动应用程序，建立客户呼叫中心和开发工具以加强客户管理。尽管在业务流程和非集成数据中存在困难和挑战，但是可以优先提升客户体验，逐渐转换核心系统。（3）集成步骤。采取适度向前或向后的步伐，改进某些业务流程，改进客户体验等。（4）建立一个新的组织。新系统替换现有系

统的挑战过于巨大、代价过于昂贵，以至于必须选择建立新的组织，在新旧系统并行的情况下优化和使用新的系统。这样就可以进行创新商业实践，并快速提供高质量的客户体验。

结合印染行业的特点，在数据与流程的标准化上，行业内存在巨大的分歧，因为不同企业的设备性能、生产工艺、技术路线存在很大差异，难以在数据与流程上实现全行业的标准化，甚至在公司内部，由于机器型号存在差异、设备供货商上存在差异，各类外部条件都有可能制约数据标准化推行工作。在提升印染企业客户体验上，客户要求在下单之前已相对明确，印染企业需及时、无误差、高效的执行订单，在一些新的领域，企业提高柔性生产能力可以协助企业与客户更好的进行沟通，扩展业务机会。建立新的组织来执行数字化转型并不太现实，因为这样会显著增加企业的人员成本和管理成本。综合下来，印染企业采取“小步慢跑”策略，以解决业务需求为核心，逐步迭代升级、改进某些业务流程，该策略应是行业内绝大多数企业倾向于选择的方案。

既然印染企业大概率会选择逐步推进的方式进行数字化转型，根据本人所在企业的经验并结合外部访谈确认、补充，可以在诸多方面发力，这些数字化转型方向包括：工艺研发；打样管理；染化料、机物料采购管理；能耗管理；财务管理；生产计划与调度；库管、仓储配送；质量管理；污染物（排放物）管理；营销管理（客户服务）；运营优化（成本管理）；市场快速响应（小单快返）；设备实时监测；设备运行数据追溯产品质量这些方面，合计有 14 个方向可供打算进行数字化转型的印染企业进行选择。一般而言，当企业意识到某一个方面很有必要时，才会进行投入，为此，提出以下研究假设：

假设 2：数字化转型方向的重要性越强，公司数字化转型投入越大。

4.3 数字化转型认知

不同企业的中高层管理人员对数字化转型认知的差异体现在对数字化转型的作用认知上的差异，数字化是否可以促进企业实现颠覆性创新，打破现有行业格局认知上的差异，进而权衡投入后，做出的相对理性决策，从企业决策本身看，并无对错之分，很多决策结果与企业的现实状况密切相关，数字化投入低并不能完全归因于认知不足。因为数字化转型是这几年国内新经济政策催生的热门主题，学术研究很少，管理咨询公司对这些概念进行了很好的泛化总结。

德勤领先创新中心在对不同的企业案例进行研究分析后，归纳出如下数字化颠覆式创新模式：1) 拓展市场边界，连接零散的卖方和买方。作为美国最大的网络电子商务公司，**Amazon** 通过不断扩大仓库网络，建立了庞大的枢纽-辐射系统，碾压了美国规模最大的全国性图书零售商 **Borders**。2) 通过去中心化，达到连接供需的目的。作为用比特币交易的在线购物平台，**OpenBazaar** 凭借着去中心化的商品交易市场，颠覆了传统网上分类广告网站 **Craigslist**。3) 以分布式产品开发，整合分散的资源。相比于大英百科全书 **Britannica**，由消费者创造出来的在线百科全书 **Wikipedia** 放弃了中央编辑控制，满足了用户的知识需求和动态检索需求。4) 解锁相互关联的资产，盘活闲置资源。**Uber** 通过充分利用私家车闲置资源，让普通人和私家车都能提供出租车服务，带动了共享经济发展，对传统出租车行业造成严重冲击。5) 将多个产品合为一体，产生聚合效应。智能手机厂商纷纷跨界，强化手机的拍照功能，逐渐蚕食小型数码相机市场，对数码相机生产企业造成巨大冲击。6) 变产品为平台，并开放给其他参与者。凭借开放平台特性，**Android** 迅速捕获了大批用户，最终超越 **Symbian** 成为最大的智能手机系统。7) 针对消费者的核心需求提供产品和服务。网上免费分类广告网站 **Craigslist** 在报纸行业没有察觉的情况下，切入其利润颇高的分类广告

业务，击破一个完全成熟的商业模式。8)缩短价值链，以更少的投入获得更大的价值输出。数码相机正是通过移除价值链中间环节，为消费者提供更有价值的产品，最终击败柯达。

9)将价格和使用关联，基于使用情况定价。和传统的客户关系管理软件相比，在线客户关系管理(CRM)提供商 Salesforce 采用“即付即用”模式，使用户所需支付的成本大大降低。识别上述九种颠覆性创新类型，了解和识别不同类型的颠覆式创新，可以帮助这一市场内的参与企业创新其商业模式，形成科学的数字化转型认知，获得更大的市场机遇。

盛虹、航民、富丽达等行业龙头企业在数字化转型方面相对更为领先，有其他布局，数字化转型对于龙头企业数字化提升和中小企业数字化赋能存在区别，这些问题可以通过不同企业对行业共性问题的认知差异在一定程度上进行解释。另外，从行业角度看，印染行业大发展是在中国加入 WTO 之后，经过近 20-30 年长足发展而今普遍面临较大转型升级压力，产能正在逐步向东南亚和内陆转移，能否通过数字化转型提升经营效率，以在环保和能耗上更为友善，缓解城市化、绿色化、低碳化发展目标约束对企业形成的监管和外部压力？数字化转型能否带来更好地客户体验和柔性生产可能，以提高产品附加值和竞争优势，形成对欧洲、日韩相关企业高端产品的替代？柔性生产的“柔性”是用来描述对市场需求量、产品构成和产品设计等方面快速变化的适应能力，上世纪福特汽车为代表的大规模生产模式以大批量、标准化生产和垂直一体化为特征，敏捷生产、及时生产以及根据客户定制等都是制造业中常见的几种柔性生产方式，数字化转型与柔性化生产（小订单、快速反应）之间有什么关系呢？印染企业柔性生产中数字化转型的终极目标体现在敏捷性，我国有庞大的纺织印染产业和制造业数字化基础，企业能否通过数字化转型缓解来自于东南亚发展中国家和欧日韩发达国家两头的压力，在管控成本、稳定质量、提升效率、创造附加值上实现超越？从战略管理角度，在传统制造业企业数字化转型的进程中，企业往往将数字

技术的应用作为转型成功的关键因素，并没有足够重视转变企业内部观念，特别是纺织印染企业管理者年龄和知识结构老化，仍旧拘泥于传统思维、不愿轻易尝试改变管理模式。人而非技术成了传统企业数字化转型过程中的最大阻碍。除了顶层结构的一把手问题，数字化转型过程中存在的另一困境即传统制造业特别是印染企业内数字化运营人才匮乏。企业的数字化转型需要既懂数字化又懂传统商业模式的人才，就目前的情况来看这类人才尚属稀缺资源。印染企业受自身发展水平和盈利能力限制，难以给出满足数字化人才的福利待遇，导致人才流失，企业应积极与第三方专业机构合作，聘请外部专家进行指导，以更加直接的方式来解决数字化思维和人才紧缺的问题。

印染企业会不会受到以上列举的颠覆式创新的冲击呢？有可能，随着技术基础设施的不断完善、成本不断降低，印染企业也会不断改变、适应，以提升其企业经营与生产效率。回顾过往 30 年印染行业的发展历程，可以发现头部企业的规模、自动化程度相对于 30 年前已经发生了天翻地覆的变化，相信在下一个 30 年，行业也将发生不小的变化。无论是在商业模式上，还是在技术路线上，都有可能出现颠覆式创新。一般场景下，印染企业属于传统制造业，传统制造业的利润空间不大，需要持续经营，以发展的眼光寻找企业发展壮大的机会，每一个企业均面临行业的普遍性问题，不同企业对这些共性问题的观点不一样，这是否会导致投入情况不一样？进一步，是行业共性问题导致投入差异还是企业个性原因导致投入差异呢？本文总共给出 4 个行业内人士普遍认可的观点，并进行得分加权汇总，分析行业共性问题认知差异程度带来的投入差异。为此，提出以下研究假设：

假设 3：数字化转型认知的重要性越强，公司数字化转型投入越大。

4.4 生产过程效益

印染行业属于重资产制造业，在制造装备方面，行业内头部企业每年都在不断淘汰老旧设备，引进技术先进、节能环保自动化程度高的新型设备，并对现有设备的自动化能力进行改造，提升自动化水平，统一数据接口，为数据互通与自动控制打好基础。在印染生技科配方 AI 方面，建立中央颜色数据库，实现颜色数据的互联互通，将多年的专业化印染色彩经验数据化，通过机器学习功能和颜色大数据的形成，提升颜色管理能力，提升打样成功率，建立颜色、配方、工艺大数据，同时积极探索印染行业 AI 运用，最终实现色彩的人工智能化。在 MES 印染车间生产执行系统方面，计划排产工作中，生产计划由车间主任确定，计划科统一下达，机台操作加密，染色工严格按工艺执行，提高质量稳定性。在质量追溯工作中，监测每一缸布的各项生产参数，记录操作工的每一步指令变更；可追溯生产全流程的各项指标及操作动作，针对性的进行分析。在工艺管理工作中，按布种，颜色区分工艺，统一制定，集中管理，工艺覆盖生产全过程，精确控制温度、进料、水位、风机等各项参数，实现全流程控制。在能源数据采集工作中，水、电、气、蒸汽能源数据实时采集，进行不同维度的能耗分析，用于成本核算和决策参考。MEMES 系统最终目标是将配方数据、打样、滴液、料单、生产数据及整个流程连接成一体化的自动化生产线，最终形成全链条性质的印染生产管理系统，通过对全厂、车间、机台安装水、电、汽等能源计量仪表，各机台仪表通过 485、PLC 等通讯方式接入车间 MES 系统。MES 系统负责机台的排产及监控，并通过对机台水、电、汽计量仪表的数据实时采集，实现每一缸布的能源采集与统计分析。MES 系统与 ERP 管理系统衔接，实现生产经营的精细化管理，可分析每一缸布的生产成本，为经营决策提供数据支撑。定型机生产数据采集包括车速、门幅、超喂、风箱温度、风箱转速、能源等十多个参数。通过为每台定型机配套采集终端，终端与 ERP 工单连接，实

时记录每笔工单在生产过程中的各项工艺参数。终端采集完成后将数据推送至服务器进行存储以供数据分析应用。盛虹集团控股 21 家印染企业、11000 余员工、加工品种达 5500 种，日产印花布 1000 万米，每日生产流转卡 7000 余张，每日设备维修、保养单达 900 个。蒲惠智能为广大中小制造企业提供数字化解决方案，集成微服务架构、容器化部署、大数据分析等技术，实现用户个性配置、软件极速部署、数据智能分析。数据终端多维采集、处理、分析销售订单、原料采购、生产制造、质量检测、仓库作业全流程数据，实时高效的数据实现“智造”跃变。

根据以上对生产过程中数字化转型的描述，企业加大生产过程数字化投入后，能改进生产流程、提升生产效率，进而促进企业生产效益提升。本人所在企业初步达成的数字化转型战略为生产过程数字化，涉及的生产过程如上文描述所示，提高工作效率后，对企业的生产，甚至其他各个方面都有帮助。本文将数字化投入对生产过程效益的提升从：加快生产进度；减少人工成本，提高生产效率；提高节能减排和清洁生产水平；提高产品质量和稳定性；提高反应速度和应变能力这五个效率角度进行衡量。提出以下研究假设：

假设 4：公司数字化转型投入越大，生产过程效益提升越明显。

4.5 企业效益

除了与印染行业特性紧密相关的生产过程效益外，效益提升还体现在其他方面。企业实践中普遍的观点认为数字化转型可以带来四大类效益：（1）提高生产效率和质量。数字化转型帮助企业实现生产流程智能化和质量控制，提高生产效率和产品质量。通过数字化技术，企业可以实现生产过程实时监测和优化，减少生产故障和停机时间，提高生产效率和产能利用率。数字化技术还帮助企业实现精细化的质量控制，减少废品率和产品缺陷，提高产品质量和客户满意度。（2）提升客户体验和增加营收。通过数字化技术，企业可以

实现个性化的产品设计和定制服务，满足客户的个性化需求。数字化技术还可以帮助企业实现智能化的营销和客户服务，提高客户满意度和忠诚度。此外，数字化技术还帮助企业开拓新的市场和业务领域，增加营收和利润。（3）降低成本和风险。通过数字化技术，企业实现精细化生产计划和库存管理，减少库存成本和资金占用。数字化技术还帮助企业实现智能化的采购和供应链管理，降低采购成本和物流成本。数字化技术对于工业制造企业来说是非常重要的发展趋势，帮助企业提高竞争力和市场占有率。（4）智能制造，绿色制造。响应国家绿色发展要求，印染行业在绿色智能制造工作中充分应用大数据分析手段，提升创新设计的可行性和服务的针对性，依靠绿色发展理念，智能化生产以及持续的自主研发等多措并举促进智能化，增强了我国绿色智能制造能力和水平，推动我国制造业实现战略性重点突破和重点跨越，体现出强烈的社会外部性。

除了生产过程效益外，还应关注对企业整体效益的影响，综合数据搜集难度与问卷全面性，本次调研确定整体绩效从：营业收入增长（YOY）、毛利率提高（Margin）、差异化竞争（Variation）这三个效益角度进行衡量。提出以下研究假设：

假设 5：公司数字化转型投入越大，企业效益提升越明显。

2023 年 7 月，中共中央、国务院发布关于促进民营经济发展壮大的意见。意见提出，加快推动数字化转型和技术改造。鼓励民营企业开展数字化共性技术研发，参与数据中心、工业互联网等新型基础设施投资建设和应用创新。支持中小企业数字化转型，推动低成本、模块化智能制造设备和系统的推广应用。引导民营企业积极推进标准化建设，提升产品质量水平。支持民营企业加大生产工艺、设备、技术的绿色低碳改造力度，加快发展柔性制造，提升应急扩产转产能力，提升产业链韧性。随着从地方到中央在最近 5 年对于数字化转型的大力支持，印染行业数字化转型发展已经形成明显趋势，把握数字化、网络化、智能

化融合发展的契机，推进新一代信息技术在印染行业设计研发、生产制造、现场管理、仓储物流、运营决策等各环节的广泛运用。实现信息传送、数据接口行业互认，制定相关标准，实现不同层级“信息孤岛”间的互联互通。加强覆盖全流程的信息系统和物流系统研发应用。建设印染数字化工厂和建立数字化工厂标准体系。将生产制造与信息技术、云技术相结合，提升印染企业云制造、虚拟制造能力和水平成为众多行业内企业家的普遍认知。

以上众多生产过程效益的提升是否在企业内部也会产生外部性，进而增强数字化转型投入与企业效益的关系呢？即实现少量数字化投入，却能产生更多的效益提升，实现数字化投入的良性循环呢？本人认为这是可能的，因为在生产过程效益提升过程中，企业的很多基础性数字化基础设施投入已经做过，在企业的非生产活动中，可以充分借鉴生产过程数字化的经验与知识，同时，在其他领域进行数字化时，可以摊销一部分固定支出，数字化投入的压力更小，外部性在人员、成本、IT 工具等各个维度均能得到体现，为此，提出以下研究假设：

假设 6：生产过程效益正向促进公司数字化转型投入对企业效益提升的影响。

基于以上所有分析，本文一共提出六个研究假设，构建本文的研究假设图如下所示：

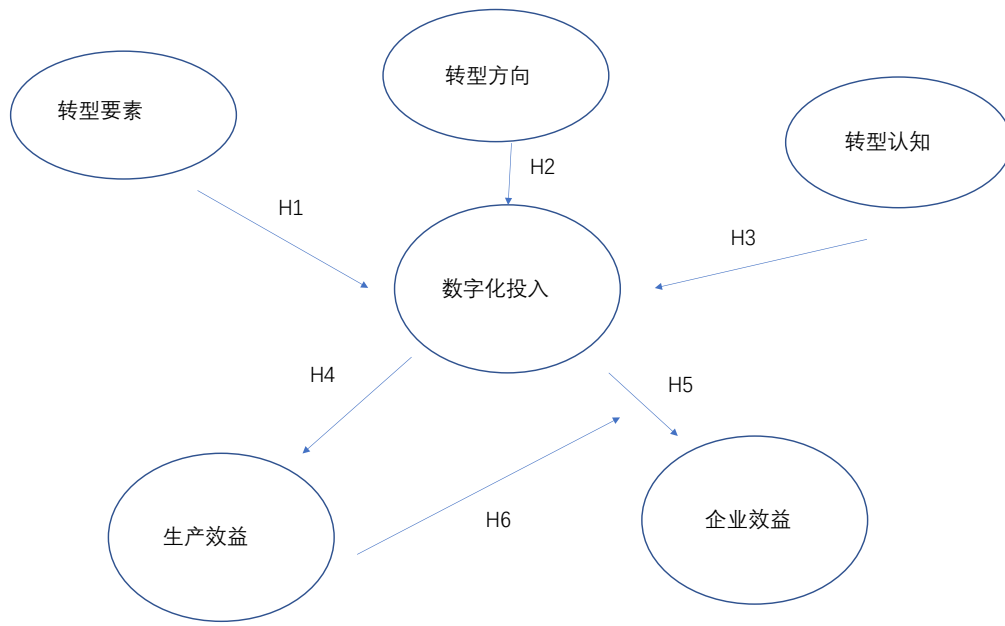


图 1 研究假设逻辑图

五、变量定义与研究方法

5.1 变量定义

本文研究变量数据来自于专项调研，会同中国纺织工业联合会印染分会（中国印染协会）联合发出，该协会在印染行业非常有号召力，提升了本次调研对象对本次问卷调查的重视度，搜集的数据更加客观、可信。经过对问卷对象的跟踪了解，问卷对象岗位职级项中填写为基层的人员都是公司数字化岗位的职员，如信息技术部。本次调研对象不涉及企业一线生产员工，问卷对象做到了人员与预期目标对象的精准匹配，是一次难得的总结行业数字化经验与挑战的尝试。

本文从本人所处的行业出发，总结行业共性因素，以行业内企业普遍意识到数字化转型的重要性，但是缺乏成熟的转型思路为背景，研究印染企业进行数字化转型的要素，从前置条件角度探讨什么样的企业适合马上开始数字化转型工作，从数字化转型的潜在好处角度，探讨不同企业存在的数字化转型方向，从不同企业对行业面临的共性问题的看法差异角度，探讨是共性问题看法差异还是企业个性原因导致企业的数字化转型投入差异。最后，从数字化转型对生产过程效率优化以及企业整体效益提升的角度，探讨企业进行数字化转型带来的潜在好处，并分析数字化转型提升企业整体效益的作用机制，为企业形成明确的转型方案、转型预期成果提供参考。

5.1.1 数字化转型要素

本文列举的数字化转型潜在要素为：经营者对数字化的理解对数字化转型的影响程度、资金充裕度对数字化转型的影响程度、相关人才储备对数字化转型的影响程度、信息化应用能力对数字化转型的影响程度、生产流程规范对数字化转型的影响程度、行业指导规范对数字化转型的影响程度、政府政策支持对数字化转型的影响程度。本文采用 AHP 方法确

定这 7 个要素的相对权重，研究要素对数字化投入的总体影响。AHP 方法是本文变量降维处理的核心方法，在后文数学建模章节中详细阐述其数学原理、数据处理过程。进一步，当企业回顾自身状态时，可以基于本企业的实际情况摸清进行数字化转型的要素是否都具备，鼓励要素完备的企业管理层在数字化转型时更加坚定信心，警示要素不足的企业积极补齐短板。

5.1.2 数字化转型方向

印染企业进行数字化转型，可以在很多方面发力，本文试图研究印染企业的数字化转型方向，包括：工艺研发；打样管理；染化料、机物料采购管理；能耗管理；财务管理；生产计划与调度；库管、仓储配送；质量管理；污染物（排放物）管理；营销管理（客户服务）；运营优化（成本管理）；市场快速响应（小单快返）；设备实时监测；设备运行数据追溯产品质量这些方面，合计有 14 个方向可供打算进行数字化转型的印染企业选择。一般而言，当企业意识到某一个方面很有必要时，才会进行投入。本文将这些转型方向进行综合处理，即采用 AHP 方法确定这 14 个方向的相对权重，进而研究数字化转型方向对数字化投入的总体影响。

5.1.3 数字化转型共性特征认知

印染企业属于传统制造业，传统制造业的利润空间不大，需要持续经营，以发展的眼光寻找企业发展壮大的机会，每一个企业均面临不少行业的普遍性问题，不同企业对这些共性问题的观点不一样，这是否会导致投入情况不一样？进一步，是行业共性问题导致投入差异还是企业个性原因导致投入差异呢？本文总共给出 4 个行业内人士普遍关注的问题，将这些共性特征认知进行综合处理，即采用 AHP 方法确定这 4 个共性特征的相对权重，从整体上分析行业共性问题认知程度差异带来的数字化投入差异。

5.1.4 生产过程数字化

基于经验判断，本人所在企业决策层初步达成的数字化转型战略为生产过程数字化，这样可以提高工作效率，对企业的生产有帮助，对于企业创造价值的效果体现得最为直接。生产过程从：加快生产进度；减少人工成本，提高生产效率；提高节能减排和清洁生产水平；提高产品质量和稳定性；提高反应速度和应变能力这五个效率角度进行衡量。采用 AHP 方法确定这 5 个方面的相对权重，从整体上分析数字化投入差异对生产过程数字化的影响。

5.1.5 企业效益

数字化转型投入对企业整体效益的影响如何？整体绩效从：营业收入增长（YOY）、毛利率提高（Margin）、差异化竞争（Variation）这三个角度进行衡量，并用 AHP 方法确定这三个方面的相对权重，进而得到综合后的企业效益衡量指标。

除了核心的解释变量与被解释变量外，本文问卷调研时还搜集了 6 个控制变量，具体的变量定义如下表所示：

表 1 变量定义表

变量名称	变量中文名称	变量说明
YOY	营业收入增长	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Margin	毛利率提高	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Variation	差异化竞争	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Perform	整体效益变量	YOY、Margin、Variation 的 AHP 加权值

变量名称	变量中文名称	变量说明
DTInvest	近年来公司在数字化转型方面的投入强度（资金、人力、组织等）	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key1	经营者对数字化理解	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key2	资金充裕度	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key3	相关人才储备	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key4	信息化应用能力	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key5	生产流程规范	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key6	行业指导规范	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key7	政府政策支持	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Key	转型要素变量	Key1~Key7 的 AHP 加权值
Direction1	工艺研发	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Direction2	打样管理	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Direction3	染化料、机物料采购管理	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Direction4	能耗管理	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大

变量名称	变量中文名称	变量说明
Direction5	财务管理	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction6	生产计划与调度	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction7	库管、仓储配送	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction8	质量管理	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction9	污染物（排放物）管理	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction10	营销管理（客户服务）	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction11	运营优化（成本管理）	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction12	市场快速响应（小单快返）	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction13	设备实时监测	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction14	设备运行数据追溯产品质量	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大
Direction	转型方向变量	Direction 1~ Direction 14 的 AHP 加权值
Commonality1	自动化装备技术应用还处于初始阶段，提高生产效率、节能降耗发挥作用有限	1 完全不大； 2 不大； 3 不太大； 4 也许大； 5 大； 6 很大； 7 极大

变量名称	变量中文名称	变量说明
Commonality2	招工难及人力成本陡升，需要购买更多的自动化设备以应对	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Commonality3	先进适用技术及设备更新后优质产品供给，可以抵御东南亚、南亚等低成本国家竞争	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Commonality4	良好营商环境和稳定政策预期对印染企业数字化转型至关重要	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
Commonality	转型认知变量	Commonality 1~Commonality 4 的 AHP 加权值
DTProcess1	加快生产进度	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
DTProcess2	减少人工成本，提高生产效率	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
DTProcess3	提高节能减排和清洁生产水平	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
DTProcess4	提高产品质量和稳定性	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
DTProcess5	提高反应速度和应变能力	1 完全不大；2 不大；3 不太大；4 也许大；5 大；6 很大；7 极大
DTProcess	生产效益变量	DTProcess 1~DTProcess 5 的 AHP 加权值
Level	级别	1 基层；2 中高层（部门负责人）；3 高层（副总及以上）

变量名称	变量中文名称	变量说明
school	学历	1 高中及以下；2 中专或大专；3 本科； 4 硕士及以上
seniority	印染行业的从业时间	1 3 年及以下；2 4-8 年；3 9-13 年；4 14-19 年；5 20 年及以上
Opeperiod	公司经营时间长度	1 5 年及以下；2 6-10 年；3 11-20 年；4 20 年及以上
Class	公司经营业务类型	1 印染加工业务为主；0 印染加工及成 品销售
sales	公司 2022 年销售额 (元)	1 3000 万以下；2 3000 万-1 亿；3 1 亿 -5 亿；4 5 亿-10 亿；5 10 亿以上

控制变量包括被调查者级别、被调查者学历、被调查者在印染行业的从业时间、公司经营时间长度、公司经营业务类型、公司 2022 年销售金额（元）六个方面。

研究数据来源于对印染企业的专项调研，联系行业协会委托进行问卷发放与回收，合计发放问卷 453 份，回收有效问卷 233 份，根据《中国印染行业市场全景评估及发展战略规划报告（2022）》统计数据，2021 年全国印染行业规模以上企业数量达 1584 家，2020 年为 1581 家。从中国印染企业区域分布状况看，企业主要集中在华东、华南为代表的中国东部地区，其中，长三角地区分布最为集中。本人所在企业所在地为杭州市萧山区，是华东地区印染企业分布密度最集中的地带，本次调研对华东地区的规模以上企业基本上做到了全覆盖，整体问卷回收率约 47%，这个比率已经算很高，因为是行业性调研，很多同类型公司也想了解并推动企业数字化转型，因而整体上还算配合。本次调研结果及分析结论会作为研究成果反馈给这些参与调研的公司。

5.2 数学建模

5.2.1 层次分析法

层次分析法（Analytic Hierarchy Process，简称 AHP）是一种主观赋值评价方法，将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等多个层次，并在此基础上进行定性和定量分析，是一种系统、简便、灵活有效的决策方法。在分析现象或问题的具体步骤上，首先将现象或问题根据它们的性质分解为有关因素，并根据它们之间的关系分类而形成多层次结构模型。然后，通过经验或专家判断衡量低层因素相对高层因素的重要性，并根据重要性程度给出权重排序，进而进行量化分析比较。层次分析法的核心是将影响因素层次化和数据化，将抽象的现象或问题由难到易进行分解，便于直观判断复杂问题，并作出决策。由于层次分析法具有将复杂问题简单化且计算简单等优点，应用十分广泛，在人员素质评估、多方案比较、科技成果评比和工作绩效评价等多个领域均有运用。

本文定义的研究变量较多，调研对象是企业的中高层管理人员，最终搜集到的调查对象数量为 233 人，由于本次研究涉及的问卷调查是一个细分行业的专业调研，单个企业的中高层管理人员数量并没有很多，采集的样本数量受限，而待研究的潜在维度又较多，因而需要对研究变量进行降维处理。故而，在进行量化分析之前，先进行变量筛选，以提高模型结果可信度，层次分析法通过定性和定量相结合，可以使用较少的定量信息连接影响因素，为复杂的，多目标，多准则问题提供解决思路(Saaty,2008)。这种方法通过建立整体的决策结构，确定决策过程的最终目标（最高层），指标层（中间层）以及最底部的方案层。

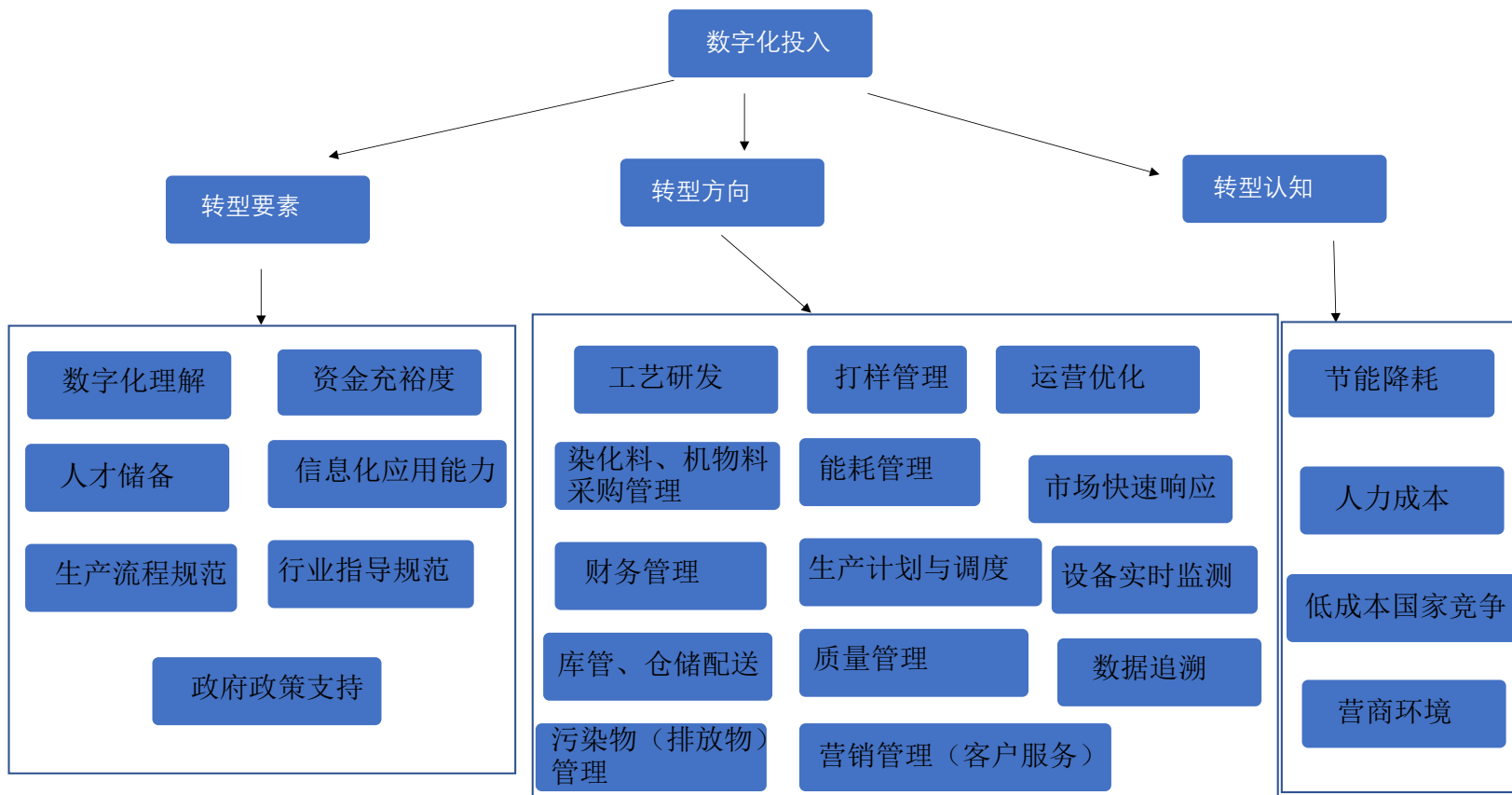


图 2 决策结构图

构建决策结构图后，需确定结构图中每个因素的权重。Saaty(2008)提出的方案并不是将所有因素放在一起进行比较，而是将所有因素相互之间进行两两比较，从而得到每一个中间层的权重矩阵。这一过程通过使用 1-9 标度法实现，具体如下表所示。当比较两个因素 A1 与 A2 时，若 A1 相对 A2 强烈重要，那么，相对权重可以主观确定为 7，而 A2 相对于 A1 的权重则为 1/7。

表 2 相对权重定义表

标度	含义
1	表示两个因素相比，具有相同重要性
3	表示两个因素相比，一个因素比另一个稍微重要
5	表示两个因素相比，一个因素比另一个明显重要
7	表示两个因素相比，一个因素比另一个强烈重要
9	表示两个因素相比，一个因素比另一个极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	表示两个因素相比，一个因素比另一个不重要的程度

假设当前中间层为 A，而其包含的影响因素分别为 A1,A2,A3,A4,A5，那么将这 5 个细分影响因素进行两两比较之后可以得到相对权重矩阵。矩阵只包括变量与变量之间的两两关系，为了得到变量相对于矩阵总体的权重，需要求解矩阵的特征值与特征向量。由于矩阵中的值分别是两个因素之间的比较关系，因此以对角线为轴，右上角与左下角的数值互为倒数，计算最大特征值所对应的特征向量，归一化处理后，作为描述变量的权重。计算每一个中间层矩阵得到各变量相对于自己所处矩阵的权重，再用同样的方法计算最高层级中大类的权重，并分别与中间层权重相乘，最终可以得到单变量相对于所有变量的绝对权重。

表 3 相对权重示例表

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	0.8	4	0.5	1/6
A2	1.25	1	5	0.625	1/3
A3	0.25	0.2	1	0.125	0.125
A4	2	1.6	8	1	2
A5	6	3	8	0.5	1

基于主观打分生成 AHP 模型的相对权重表，主观打分由本人邀请本公司从业经验在 10 年以上，对行业状况非常熟悉的中高层进行主观评估，且为避免对个别项目打分的偏差，同一项目取打分结果的中位数，本公司营业收入在行业内处于比较领先的位置，打分结果可代表行业优秀玩家对于不同构件的相对看法。得到打分结果后，本人也对结果进行了评估，与本人的看法同样较为接近。下表所示为转型要素的结果：

表 4 转型要素主观打分表

	Key1	Key2	Key3	Key4	Key5	Key6	key7
Key1	1.00	4.00	1.25	1.60	0.50	0.67	2.00
Key2	0.25	1.00	0.40	1.25	0.50	0.33	0.17
Key3	0.80	2.50	1.00	0.50	2.00	0.33	0.17
Key4	0.63	0.80	2.00	1.00	1.25	0.33	0.20
Key5	2.00	2.00	0.50	0.80	1.00	0.50	0.33
Key6	1.50	3.00	3.00	3.00	2.00	1.00	0.33
key7	0.50	6.00	6.00	5.00	3.00	3.00	1.00

计算得到矩阵对应的特征向量为： $w=[17.69\%,4.98\%,9.02\%,8.35\%,10.78\%,17.85\%,31.33\%]$ ，基于此对 Key 的七个子变量进行加权，得到反映转型要素的变量 Key。

同理，基于主观打分生成 AHP 模型的相对权重表，下表所示为转型方向的结果：

表 5 转型方向主观打分表

	Direction1	Direction2	Direction3	Direction4	Direction5	Direction6	Direction7
Direction1	1.00	0.25	0.50	0.17	2.50	1.43	5.00
Direction2	4.00	1.00	2.00	0.83	2.50	1.67	1.43
Direction3	2.00	0.50	1.00	0.17	0.33	1.25	0.20
Direction4	6.00	1.20	6.00	1.00	0.14	0.50	0.33
Direction5	0.40	0.40	3.00	7.00	1.00	0.25	1.67
Direction6	0.70	0.60	0.80	2.00	4.00	1.00	0.11
Direction7	0.20	0.70	5.00	3.00	0.60	9.00	1.00
Direction8	1.00	0.90	2.00	0.90	2.50	5.50	8.00
Direction9	0.40	0.50	1.50	2.50	2.00	3.00	3.00
Direction10	0.80	0.30	0.70	7.00	0.40	2.00	0.60
Direction11	0.50	0.20	5.00	9.00	3.00	0.60	1.25
Direction12	8.00	1.50	4.00	3.00	9.00	0.50	0.63
Direction13	0.40	0.90	3.00	2.00	6.00	2.50	4.00
Direction14	0.60	0.40	9.00	1.50	2.00	4.00	1.50

	Direction8	Direction9	Direction10	Direction11	Direction12	Direction13	Direction14
Direction1	1.00	2.50	1.25	2.00	0.13	2.50	1.67
Direction2	1.11	2.00	3.33	5.00	0.67	1.11	2.50
Direction3	0.50	0.67	1.43	0.20	0.25	0.33	0.11
Direction4	1.11	0.40	0.14	0.11	0.33	0.50	0.67
Direction5	0.40	0.50	2.50	0.33	0.11	0.17	0.50
Direction6	0.18	0.33	0.50	1.67	2.00	0.40	0.25
Direction7	0.13	0.33	1.67	0.80	1.60	0.25	0.67
Direction8	1.00	0.40	0.14	0.50	2.00	0.33	0.13
Direction9	2.50	1.00	0.25	0.40	0.67	0.13	1.60
Direction10	7.00	4.00	1.00	0.33	0.80	0.13	0.17
Direction11	2.00	2.50	3.00	1.00	2.00	0.17	0.50
Direction12	0.50	1.50	1.25	0.50	1.00	1.67	3.33
Direction13	3.00	8.00	8.00	6.00	0.60	1.00	0.33
Direction14	7.50	0.63	6.00	2.00	0.30	3.00	1.00

计算得到矩阵对应的特征向量为： $w=[7.09\%, 9.29\%,2.60\%,4.94\%,4.51\%, 4.32\%, 6.01\%, 6.83\%, 5.36\%, 6.85\%, 7.83\%, 10.74\%, 12.76\%, 10.89\%]$ ，基于此对 Direction 的 14 个子变量进行加权，得到反映转型方向的变量 Direction，可以看出，Direction1，Directio2，Direction11，Direction12，Direction13，Direction14 的权重大于 7%，重要性相对更高。

基于主观打分生成 AHP 模型的相对权重表，下表所示为转型认知的结果：

表 6 转型认知主观打分表

	Commonality1	Commonality2	Commonality3	Commonality4
Commonality1	1.00	0.33	0.17	0.80
Commonality2	3.00	1.00	2.00	0.17
Commonality3	6.00	0.50	1.00	0.50
Commonality4	1.25	6.00	2.00	1.00

计算得到矩阵对应的特征向量为： $w=[11.06\%,20.91\%,23.60\%,44.43\%]$ ，基于此对 Commonality 的 4 个子变量进行加权，得到反映转型认知的变量 Commonality。

基于主观打分生成 AHP 模型的相对权重表，下表所示为生产过程数字化效益的结果：

表 7 生产过程数字化效益主观打分表

	DTPProcess1	DTPProcess2	DTPProcess3	DTPProcess4	DTPProcess5
DTPProcess1	1	0.8	4	0.5	0.200
DTPProcess2	1.25	1	5	0.625	0.250
DTPProcess3	0.25	0.2	1	0.125	0.125
DTPProcess4	2	1.6	8	1	2.000
DTPProcess5	5	4	8	0.5	1.000

计算得到矩阵对应的特征向量为： $w=[11.46\%,14.32\%,3.38\%,34.01\%,36.82\%]$ ，基于此对 DTProcess 的五个子变量进行加权，得到反映生产过程数字化效益的变量 DTProcess。

基于主观打分生成 AHP 模型的相对权重表，下表所示为企业整体效益的结果：

表 8 企业整体效益主观打分表

	YOY	Margin	Variation
YOY	1	0.125	0.5
Margin	8	1	5
Variation	2	0.2	1

计算得到矩阵对应的特征向量为： $w=[8.72\%,75.10\%,16.18\%]$ ，基于此对 Perform 的 3 个子变量进行加权，得到整体效益变量 Perform。

5.2.2 数字化转型投入决定因素

在研究数字化转型投入的决定因素时，首先通过层次分析法对核心解释变量进行降维，得到不同构成变量组合后的数字化转型要素、数字化转型方向、共性认知特征结果。以 DTInvest 代表数字化转型投入，建立数字化转型要素、数字化转型方向、共性认知特征与数字化投入之间的关联关系。

$$DTInvest_i = \alpha + \beta_1 Key_i + \beta_2 Direction_i + \beta_3 Commonality_i + controls + \varepsilon_i$$

通过以上变量的分析，找到显著影响数字化转型投入的核心因素。

5.2.3 生产过程效益、企业效益、数字化投入

与本企业所属行业特性密切相关，印染行业属于非常传统的生产制造类产业，具有典型的传统制造业特征，不同企业的核心竞争力差异体现在标准产品的生产成本差异与非标准型产品的小单快返能力，即企业的柔性生产能力，在新的数字化时代趋势下，生产过程数字化是企业主、企业中高管非常关注的问题，且不管技术如何发展，生产效率的不断提升

肯定是企业经营的最重要诉求之一。同时，企业的运营效率不仅仅取决于生产过程，与企业的财务投融资效率、销售、行政管理效率等也密切相关，生产型企业的生产效益在其中起着很重要的作用，但有时候未必是核心决定因素，特别是管理不当、不能适应宏观形势变化的企业，很多企业的运营问题出在家族式管理模式带来的决策前瞻性不足，企业投资失当，现金流管理失控，企业运行效益在财务决策上面临两难，财务战略上过于保守会牺牲效率，影响效益，但是企业现金流安全性更有保障，家族式管理模式在战略决策上未必及时、有效，但是可以有效避免引入外部职业经理人带来的委托代理问题。所以，通过这次研究，在生产过程数字化效益与企业整体效益两者的相互关系上进行一定的论证，给行业提供一些参考。

企业的数字化投入可能是某些触发因素引致的企业理性行为，如政府的政策扶持，在印染行业，目前行业的普遍状态是企业对数字化转型非常关注，但政策的扶持力度不算太明显，在杭州本地，政府对于印染这类高污染、高能耗企业的政策态度不算友好，如果是小型企业，在环保标准、用工、纳税等方面抽查不达标，则随时面临被政府勒令停产的风险，政府政策方针与绿色产业升级诉求推升了企业运营成本，从未来 5-10 年的行业发展趋势看，只有通过规模优势摊低各项成本的规模以上企业才有可能在杭州保有生产基地，存活下来。

所以，从这个角度看，企业的数字化投入一定是企业效益、生产过程效益的引发原因。不会是不同的企业运营效益存在差异导致数字化投入存在差异，因为印染企业目前还处于数字化投入的前期，绝大多数企业并没有实质性数字化投入，所以，企业思考进行数字化投入的逻辑是如何进行数字化投入，会带来什么成效，是否会提升企业运营效益。企业效益提升是多种因素综合作用的结果，运营效益是企业的生存根本，运营效益差的公司，大概率会随着资本金被耗尽而逐渐被淘汰，故而，从样本有效性角度，运营效益不应作为诱

发因素。同理，生产过程效益差异是否有可能成为企业数字化投入的诱发因素呢？结合印染行业的现状，也不太可能。总之，基于印染行业的现状，在变量的因果逻辑关系上，可以排除部分不符合现实情况的状态。

故而，基于逻辑分析排除部分逻辑关系后，本文重点建模论述以下三个变量的因果关系与调节效应，其中，因果关系为数字化投入分别对生产过程效益与企业效益的影响，调节效应为生产效益对数字化投入与企业效益关系的影响。

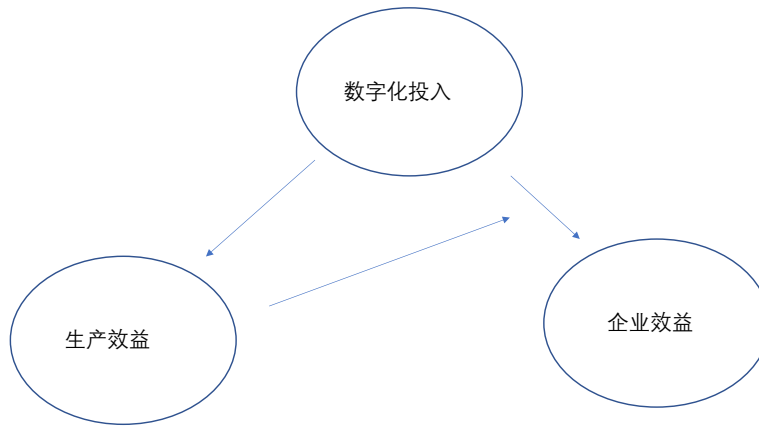


图 3 变量影响关系图

因果关系上，数字化投入是否可以促进生产效益提升？为此建立以下模型：

$$DTProcess_i = \alpha + \beta_1 DTInvest_i + controls + \varepsilon_i$$

同理，数字化投入是否可以促进企业整体效益提升呢？为此建立以下模型：

$$Perform_i = \alpha + \beta_1 DTInvest_i + controls + \varepsilon_i$$

调节效应研究中，生产效益提升是否进一步促进了数字化投入与企业整体效益的关系呢？以上变量中，生产效益与企业效益同样使用 AHP 方法降维。建立以下模型：

$$\text{Perform}_i = \alpha + \beta_1 \text{DTInvest}_i + \beta_2 \text{DTProcess}_i + \beta_3 \text{DTInvest}_i * \text{DTProcess}_i + \text{controls} + \varepsilon_i$$

5.3 描述性统计

变量描述性统计结果如下表所示，其中，个别调研对象对个别问题没有进行作答，体现出不同指标的数量存在细微差异。从变量均值看，除控制变量外的核心变量的均值大部分大于 4，被调查者对以上问题的看法程度均较强。

表 9 变量描述性统计

	N	mean	sd	min	p25	p50	p75	max
level	233	2.245	0.626	1	2	2	3	3
school	233	2.506	0.886	1	2	3	3	4
seniority	233	3.927	1.217	1	3	4	5	5
Opeperiod	232	3.526	0.683	1	3	4	4	4
Class	233	0.562	0.497	0	0	1	1	1
sales	231	3.814	1.152	1	3	4	5	5
DTInvest	232	5.129	1.242	1	5	5	6	7
Key	233	5.104	1.020	1.772	4.687	5.133	5.822	7
Direction	233	5.418	0.864	1.861	5.001	5.344	6.001	7.001
Commonality	233	5.066	0.956	1	4.597	5	5.681	7
DTProcess	233	5.357	0.919	1.000	5.000	5.257	5.999	6.999
Perform	233	4.809	1.074	0.971	4.162	5	5.236	7

5.4 变量相关性

变量相关系数表如下所示，除部分控制变量的相关性稍弱以外，其它核心变量的相关性较强，在之后的变量回归分析中，需关注解释变量相关导致的共线性对回归系数及其显著性的干扰。

表 10 变量相关系数表

	level	school	seniority	Opeperiod	Class	sales	DTInvest
level	1.000						
school	0.234***	1.000					
seniority	0.346***	-0.213***	1.000				
Opeperiod	0.020	-0.015	0.309***	1.000			
Class	-0.388***	-0.336***	-0.146**	-0.050	1.000		
sales	0.059	0.224***	0.056	0.304***	-0.136**	1.000	
DTInvest	-0.091	0.023	-0.025	0.164**	0.001	0.269***	1.000
Key	-0.062	0.220***	-0.220***	0.095	-0.105	0.081	0.369***
Direction	-0.060	0.196***	-0.137**	0.124*	-0.066	0.126*	0.507***
Commonality	-0.168**	0.037	-0.058	0.081	0.014	0.119*	0.314***
DTPProcess	-0.069	0.044	-0.134**	0.106	-0.016	0.121*	0.379***
Perform	-0.164**	0.119*	-0.227***	0.077	0.061	0.127*	0.301***
	Key	Direction	Commonality	DTPProcess	Perform		
Key	1.000						
Direction	0.726***	1.000					
Commonality	0.428***	0.601***	1.000				

	level	school	seniority	Opeperiod	Class	sales	DTInvest
DTProcess	0.464***	0.702***	0.714***	1.000			
Perform	0.383***	0.541***	0.600***	0.613***	1.000		

注：*** 表示在 1%水平上显著； ** 表示在 5%水平上显著； *表示在 10%水平上显著

5.5 共同方法偏差检验

共同方法偏差（Common Method Biases）指因为同样的数据或评分者、同样的测量环境、项目语境以及项目本身特征所造成的预测变量与校标变量之间人为的共变（周浩，龙立荣，2004）。测量误差包括系统误差和随机误差。共同方法偏差的来源如下：（1）同一数据来源或评分者。产生这种现象的机制包括：一致性动机，个体在回答问题时具有试图保持一致性的倾向。内隐理论和虚假相关，由于个体对项目间关系有某种内隐观点，从而使测量所得的项目间相关，产生系统性扭曲。社会赞许性，指个体对事物的反应更多是由于其社会可接受性而不是真实感受。宽大效应，个体倾向于将社会可取的特征、态度或行为归因于其认识和喜欢的人，而不是不喜欢的人。默认效应，指个体同意或不同意与问卷内容无关的问卷项目的倾向。情感状态，个体对项目的反应会受到自己情感状态的影响。短暂情绪状态，个体对项目的反应会受到近期发生的情绪诱发事件的影响。（2）项目特征。项目社会赞许性，项目中具有太高或太低的社会称许性，会影响个体的反应，导致测量所得项目间的相关性太高或太低。项目需要特征，项目可能向个体传达了其应该如何反应这一隐藏线索。项目模糊性，模棱两可的项目导致个体自行猜测项目的意思，促使其使用自己的启发式系统反应或随机反应。量表格式与标定，问卷使用相同的量表格式、评分方式等，会导致由于量表特征而非项目内容导致构念之间共变的可能性增加。积极和消极项目，使用积极或者消极的项目措辞可能会导致人为关系。（3）控制。共同方法偏差的控制方法分为程序控制和统计控制。程序控制指的是研究者在研究设计与测量过程中所采取的控制措施。例如：从不同来源测量预测与校标变量对测量进行时间上、空间上、心理上、方法上的分离，保护反应者的匿名性，减小对项目目的的猜度，平衡项目的顺序效应，改进量表项目等（周浩，龙立荣，2004）。统计控制与项目语境中，项目语境包括：项目启动效应，启

动效应是指先前的加工活动对随后的加工活动所起的有利作用。项目启动效应指对某一项目反应后，会影响其对后续项目的反应。项目嵌入，中性项目嵌入在积极性或消极性项目中时，个体对中性项目的反应会受到积极或消极项目的影 响。项目包含的情绪，项目的用词可能会诱发个体的积极或消极情绪，问卷前面的项目引发的情绪会影响个体对后面项目的反应。量表长度，如果问卷项目较少，对前一个项目的反应更有可能在短期记忆中被访问，并在对其他项目做出反应时被回忆起来。混合，指的是来自不同构念的项目组合在一起可能会减少构念内的相关性，增加构念间的相关性。（4）测量环境。预测变量与校标变量在同一时间测量、预测变量与校标变量在同一地点测量、预测变量与校标变量使用同一媒介测量等。

Harman 单因素检验的基本假设为：如果变异大量存在，则在进行因素分析的时候要析出单独一个因子，要么一个公因子解释大部分的变量变异。该方法的优点是简单易用，是一种评估共同方法变异严重程度的诊断技术。从本次调研看，变量之间在业务逻辑上天然就存在相关关系，且第一主成分的累计方差解释百分比为 **42.18%**，共同方法偏差对模型结果的影响相对可以接受。

表 11Harman 单因素检验

成分	总方差解释			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	16.87	42.18	42.18	16.87	42.18	42.18
2	3.26	8.14	50.32	3.26	8.14	50.32
3	2.08	5.21	55.54	2.08	5.21	55.54
4	1.62	4.04	59.58	1.62	4.04	59.58
5	1.45	3.63	63.21	1.45	3.63	63.21

总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
6	1.27	3.18	66.39	1.27	3.18	66.39
7	1.07	2.67	69.06	1.07	2.67	69.06
8	0.96	2.40	71.46			
9	0.86	2.14	73.61			
10	0.78	1.96	75.56			
11	0.76	1.90	77.47			
12	0.70	1.75	79.21			
13	0.62	1.56	80.77			
14	0.59	1.47	82.24			
15	0.57	1.42	83.65			
16	0.53	1.33	84.98			
17	0.51	1.28	86.26			
18	0.46	1.16	87.42			
19	0.42	1.04	88.46			
20	0.41	1.02	89.47			
21	0.39	0.97	90.45			
22	0.37	0.93	91.38			
23	0.32	0.81	92.18			
24	0.31	0.78	92.96			
25	0.28	0.71	93.67			
26	0.27	0.68	94.35			
27	0.24	0.61	94.96			
28	0.23	0.58	95.54			
29	0.23	0.57	96.10			
30	0.20	0.50	96.60			

总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
31	0.19	0.48	97.08			
32	0.18	0.45	97.53			
33	0.17	0.44	97.96			
34	0.16	0.39	98.35			
35	0.15	0.37	98.72			
36	0.14	0.34	99.06			
37	0.12	0.30	99.36			
38	0.11	0.26	99.62			
39	0.08	0.20	99.82			
40	0.07	0.18	100.00			

提取方法：主成分分析法。

六、实证结果

本章通过之前定义的数学模型，代入调查问卷数据得到实证结果，验证基于从业经验提出的研究假设是否成立，为印染行业高管进行数字化转型决策提供参考。

6.1 数字化转型投入决定因素

回归方程（1）为添加控制变量的回归结果，控制变量中销售收入对公司的数字化转型投入产生明显影响，回归方程（2）为添加关键转型要素、转型方向、转型认知变量之后的结果，可见转型要素越完备、重要性越高，数字化转型投入越高，但是这种正相关关系不显著。各个转型方向的整体重要性越高，数字化投入越高，回归系数极为显著。对于行业面临的共性问题在认知上越认同，则投入反而越小，说明企业中高层管理人员认为是行业共性问题在制约行业进一步发展，对于行业在数字化转型的紧迫性上认知稍显不足，这与数字漩涡理论中，印染行业处于漩涡边缘这种行业特性相关，有力呈现了行业头部厂家对于数字化转型的普遍认知。

表 12 数字化转型投入的决定因素

	(1)	(2)
	DTInvest	DTInvest
Key		0.040 (0.39)
Direction		0.704*** (5.31)
Commonality		-0.029 (-0.31)
level	-0.163 (-1.08)	-0.098 (-0.73)
school	-0.037 (-0.36)	-0.149 (-1.63)
seniority	-0.049 (-0.62)	0.028 (0.40)
Opeperiod	0.205 (1.58)	0.051 (0.44)
Class	-0.026 (-0.14)	0.055 (0.34)
sales	0.266*** (3.57)	0.247*** (3.78)
_cons	4.049*** (6.40)	0.592 (0.83)
Obs	230	230
R2a	0.069	0.293

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

由于转型方向变量整体上显著，且转型方向是各个构成变量的 AHP 加权值，故而进一步研究变量的构成元素是否普遍显著，以检验这种显著性的稳定性。由下表可知，14 个转型方向中有 12 个显著，对转型方向重要性的意识越强，数字化投入越大，且这种促进关系是直接、稳定的。

表 13 数字化转型投入的决定因素-进一步研究

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest
Key	0.258** (2.59)	0.268** (2.54)	0.368*** (3.78)	0.255*** (2.79)	0.325*** (3.55)	0.239*** (2.65)	0.243*** (2.60)
Commonality	0.150* (1.72)	0.132 (1.50)	0.153* (1.69)	0.137 (1.56)	0.192** (2.05)	0.063 (0.68)	0.082 (0.87)
level	-0.046 (-0.33)	-0.018 (-0.13)	-0.048 (-0.34)	-0.098 (-0.70)	-0.078 (-0.55)	-0.120 (-0.87)	-0.127 (-0.91)
school	-0.091 (-0.95)	-0.133 (-1.40)	-0.123 (-1.28)	-0.135 (-1.42)	-0.122 (-1.26)	-0.184* (-1.90)	-0.162* (-1.67)
seniority	0.020 (0.27)	0.002 (0.02)	0.015 (0.21)	0.034 (0.47)	0.017 (0.23)	0.025 (0.35)	0.018 (0.24)
Opeperiod	0.113 (0.95)	0.102 (0.85)	0.089 (0.73)	0.026 (0.21)	0.073 (0.60)	0.051 (0.43)	0.026 (0.21)
Class	0.097 (0.58)	0.073 (0.44)	0.070 (0.42)	0.101 (0.61)	0.083 (0.49)	0.068 (0.41)	0.070 (0.42)
sales	0.252*** (3.72)	0.243*** (3.55)	0.256*** (3.71)	0.252*** (3.71)	0.265*** (3.83)	0.250*** (3.71)	0.274*** (4.01)
Direction1	0.256*** (2.91)						
Direction2		0.261*** (2.78)					

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest
Direction3			0.083 (0.98)				
Direction4				0.263*** (3.05)			
Direction5					0.087 (1.07)		
Direction6						0.330*** (3.51)	
Direction7							0.296*** (3.01)
Direction8							
Direction9							
Direction10							
Direction11							
Direction12							
Direction13							

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest
Direction14							
_cons	0.524	0.719	1.056	0.969	1.113	1.173	1.277*
	(0.69)	(0.96)	(1.42)	(1.31)	(1.49)	(1.61)	(1.74)
Obs	229	228	229	230	229	230	230
R2a	0.242	0.243	0.216	0.234	0.212	0.244	0.233

	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest
Key	0.242***	0.275***	0.299***	0.230***	0.214**	0.199**	0.166*
	(2.66)	(3.02)	(3.48)	(2.62)	(2.44)	(2.24)	(1.81)
Commonality	0.041	0.126	0.095	0.085	0.093	0.053	0.049
	(0.42)	(1.39)	(0.97)	(0.96)	(1.06)	(0.59)	(0.54)
level	-0.087	-0.057	-0.102	-0.086	-0.049	-0.095	-0.093
	(-0.63)	(-0.41)	(-0.73)	(-0.63)	(-0.36)	(-0.70)	(-0.69)
school	-0.137	-0.113	-0.102	-0.171*	-0.139	-0.093	-0.166*
	(-1.43)	(-1.18)	(-1.06)	(-1.80)	(-1.50)	(-1.01)	(-1.78)
seniority	0.019	0.033	0.040	0.040	0.000	0.044	0.024
	(0.26)	(0.45)	(0.55)	(0.56)	(0.00)	(0.62)	(0.33)
Opeperiod	0.049	0.074	0.070	0.035	0.119	0.039	0.065
	(0.41)	(0.61)	(0.58)	(0.29)	(1.01)	(0.34)	(0.56)

	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest
Class	0.111 (0.67)	0.043 (0.26)	0.070 (0.42)	0.044 (0.27)	0.057 (0.35)	0.074 (0.46)	0.069 (0.43)
sales	0.257*** (3.78)	0.253*** (3.70)	0.254*** (3.70)	0.252*** (3.77)	0.262*** (3.95)	0.261*** (3.94)	0.257*** (3.89)
Direction1							
Direction2							
Direction3							
Direction4							
Direction5							
Direction6							
Direction7							
Direction8	0.341*** (3.38)						
Direction9		0.221*** (2.61)					

	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest	DTInvest
Direction10			0.246*** (2.88)				
Direction11				0.346*** (4.15)			
Direction12					0.351*** (4.49)		
Direction13						0.398*** (4.62)	
Direction14							0.432*** (4.75)
_cons	1.041 (1.42)	0.942 (1.27)	0.895 (1.21)	1.005 (1.39)	0.684 (0.94)	0.752 (1.04)	0.942 (1.32)
Obs	229	230	228	230	230	230	230
R2a	0.242	0.226	0.235	0.260	0.269	0.272	0.276

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

6.2 生产过程效益、企业效益、数字化投入

本节讨论生产过程效益、企业效益、数字化投入三个变量之间的影响关系，其中，以数字化投入为核心变量，重点分析数字化投入的经济后果，并分析形成经济后果的机理。从下表实证结果可知，数字化投入促进了企业生产过程效益提升，在印染行业内，当企业加大数字化投入时，一般至少有部分投入与生产过程相关，这些投入促进了企业生产过程效益的提升，且这种促进关系在 1% 显著性水平上显著。

表 14 数字化投入对生产过程效益的影响

	(1)
	DTPProcess
DTInvest	0.266*** (5.60)
level	0.006 (0.05)
school	-0.019 (-0.26)
seniority	-0.121** (-2.17)
Opeperiod	0.133 (1.44)
Class	-0.092 (-0.72)
sales	-0.003 (-0.05)
_cons	4.100*** (8.41)
Obs	230
R2a	0.141

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

生产过程效益是由一系列构成变量经过 AHP 方法加权得到的，进一步分析变量的构成结构，可以看到，生产过程的每一个组成部分都显著正相关，这表明数字化投入越高，企业生产过程效益的提升越明显，且这种关系很稳健。

表 15 数字化投入对生产过程数字化的影响-进一步研究

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	DTPProcess1	DTPProcess2	DTPProcess3	DTPProcess4	DTPProcess5
DTInvest	0.333*** (6.40)	0.326*** (6.07)	0.294*** (5.39)	0.228*** (4.42)	0.275*** (5.42)
level	-0.127 (-1.08)	-0.120 (-1.00)	-0.063 (-0.51)	-0.050 (-0.43)	0.112 (0.98)
school	0.042 (0.53)	-0.002 (-0.02)	-0.039 (-0.46)	0.052 (0.64)	0.052 (0.66)
seniority	-0.034 (-0.55)	-0.104* (-1.66)	-0.084 (-1.32)	-0.104* (-1.73)	-0.122** (-2.05)
Opeperiod	0.037 (0.36)	0.222** (2.13)	0.199* (1.87)	0.148 (1.47)	0.147 (1.48)
Class	-0.106 (-0.75)	-0.202 (-1.40)	-0.161 (-1.09)	-0.034 (-0.24)	-0.111 (-0.81)
sales	-0.018 (-0.31)	-0.054 (-0.88)	-0.084 (-1.35)	-0.015 (-0.25)	-0.038 (-0.65)
_cons	3.869*** (7.24)	3.858*** (6.99)	4.070*** (7.27)	4.217*** (7.96)	3.797*** (7.28)
Obs	230	229	229	228	229
R2a	0.157	0.171	0.124	0.096	0.132

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

从数字化投入对企业整体效益影响的角度进行分析，数字化投入显著促进企业整体效益提升。

表 16 数字化投入对企业整体效益的影响

	(1)
	Perform
DTInvest	0.227*** (4.08)
level	-0.145 (-1.16)
school	0.115 (1.33)
seniority	-0.169** (-2.60)
Opeperiod	0.155 (1.42)
Class	0.061 (0.41)
sales	0.020 (0.31)
_cons	3.691*** (6.46)
Obs	230
R2a	0.132

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

进一步研究中，将企业整体效益的不同组成部分进行拆解，分别研究企业加大数字化投入后，营业收入增长（YOY）、毛利率提高（Margin）、差异化竞争（Variation）是否

有所改善。实证结果显示，营业务收入增长（YOY）、毛利率提高（Margin）、差异化竞争（Variation）均能得到显著改善。

表 17 数字化投入对企业整体效益的影响-进一步研究

	(1)	(2)	(3)
	YOY	Margin	Variation
DTInvest	0.303***	0.247***	0.299***
	(5.55)	(4.37)	(5.28)
level	-0.231*	-0.220*	-0.086
	(-1.88)	(-1.74)	(-0.66)
school	-0.037	0.097	0.258***
	(-0.44)	(1.11)	(2.93)
seniority	-0.141**	-0.151**	-0.055
	(-2.21)	(-2.30)	(-0.82)
Opeperiod	0.157	0.168	0.237**
	(1.47)	(1.53)	(2.14)
Class	-0.143	0.094	-0.127
	(-0.97)	(0.61)	(-0.83)
sales	-0.035	0.018	-0.109*
	(-0.56)	(0.28)	(-1.68)
_cons	4.073***	3.642***	3.103***
	(7.27)	(6.31)	(5.33)
Obs	229	228	229
R2a	0.167	0.149	0.158

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

在机制分析中，前面的实证结果已经证实数字化投入既能促进企业生产过程效益提升，也能促进企业整体效益提升，对企业中高管来说，企业经营的最终目标是企业整体效益提升，而结合印染行业的行业特性，从业者普遍认为生产过程效益提升非常重要。那么，生产过程效益提升是否促进或者抑制数字化投入与企业效益提升的关系呢？

从实证结果看，生产过程效益提升正向促进数字化投入与企业效益的关系，但是这种影响在统计上不显著，也就是说，数字化投入与企业效益的正相关关系在统计上并不因为企业生产过程效益的差异而变化。换言之，不管企业的生产过程效益如何，企业增加数字化投入都会提升企业的整体效益，且投入产出关系相对稳定。这启示印染企业中高层管理人员在进行数字化转型时，需合理分配资源，盲目的将过量数字化资源投入生产过程数字化，忽略其他方面在数字化上的协调发展，会造成资源分配不合理现象，导致部分资源并未被充分、有效利用，进而不能实现企业效益最大化。

生产过程数字化为什么不能起到显著的调节作用呢？忽略数字化投入的成本效应时，生产过程更为数字化，企业进行数字化投入，整体绩效理应更好。没有体现出显著调节效应的原因可能在于以下三点：（1）认知不足。印染企业的数字化转型还处于初级阶段，行业内企业更多是在观察数字化转型，而非进行实质性投入，生产过程数字化是提升生产效率的抓手，在既定数字化投入下，企业高管对于生产过程数字化可以推进到什么程度，生产过程数字化投入产出比也不确定，当同时面临投入加大与生产过程数字化程度更高时，很多人并不觉得生产过程数字化程度更先进的公司，整体绩效就会更好，因为数字化投入本身就是一种成本，在短期反而会拖累企业财务效率，这是转型认知层面的原因；（2）生产经验难以完全数字化。印染行业是非常传统的产业，很多公司的生产工艺是创始人与经营者几十年的经验积淀，具有很强的独特性，这些人的知识经验与经营意识与数字化转型

所倡导的标准化有一定区别，类似于中医文化与西医文化的区别，印染工艺未必能实现有效的生产过程数字化；（3）成本原因，企业绩效的长期与短期错配。如果用好数字化工具，可以给企业带来更多的机会，但是也会增加企业的成本，在长期发展与短期业绩上，数字化投入见效需要时间，这影响了部分企业高层对于投入数字化后，生产过程数字化对于企业绩效影响的看法，特别是很多企业的印染业务是现金奶牛业务，这项业务的需求增速并没有很快，技术升级的速度非常慢，短期看不到进入瘦狗业务状态的趋势，盲目增加投入会影响企业的盈利能力，很多企业主出于成本因素的考量，并不愿意增加不必要的成本投入。

表 18 数字化投入对企业整体效益的影响-生产过程数字化的调节作用

	(1)
	Perform
DTInvest	-0.053 (-0.29)
DTPProcess	0.551*** (3.25)
c.DTInvest#c.DTPProcess	0.020 (0.61)
level	-0.141 (-1.33)
school	0.128* (1.77)
seniority	-0.093* (-1.69)
Opeperiod	0.071 (0.77)
Class	0.122 (0.96)
sales	0.025 (0.46)
_cons	1.515 (1.60)
Obs	230
R2a	0.391

注：括号内数值为 t 值；*** 表示在 1%水平上显著；** 表示在 5%水平上显著；*表示在 10%水平上显著

七、研究总结

7.1 研究结论

首先，本文从印染企业面临的数字化转型现状出发，总结确认数字化转型投入的决定因素为：转型要素、转型方向、转型认知，通过实证验证这些要素的显著性，其次，本文研究数字化投入的经济后果，经济后果从生产过程效益、企业效益两个方面进行衡量，最后，基于企业经营目标与诉求研究数字化投入对企业效益影响的作用机制，为行业人员进行数字化转型提供参考借鉴，研究有以下发现：

1. 数字化转型投入决定因素

转型要素、转型方向、转型认知三个决定因素均正向影响数字化投入，但仅转型方向的影响显著。转型要素越完备、重要性越高，数字化转型投入越高，但是这种正相关关系不显著。各个转型方向的整体重要性越高，数字化投入越高，回归系数极为显著。对于行业面临的共性问题在认知上越认同，则投入反而越小，说明企业中高层管理人员认为是行业共性问题在制约行业进一步发展，对于行业在数字化转型的紧迫性上认知稍显不足，这与数字漩涡理论中，印染行业处于漩涡边缘这种行业特性相关，有力呈现了行业头部厂家对于数字化转型的普遍认知。对转型方向重要性的意识越强，数字化投入越大，且 14 个转型方向中有 12 个显著，这种促进关系是直接、稳定的。

2. 生产过程效益、企业效益、数字化投入

数字化投入促进了企业生产过程效益提升，在印染行业内，当企业加大数字化投入时，一般至少有部分投入与生产过程相关，这些投入促进了企业生产过程效益提升，且这种促进关系在 1% 显著性水平上显著。生产过程的每一个组成部分都显著正相关，数字化投入越高，企业生产过程效益的提升越明显，且这种关系很稳健。从数字化投入对企业整体效益

影响的角度进行分析，数字化投入显著促进企业整体效益提升。营业收入增长（YOY）、毛利率提高（Margin）、差异化竞争（Variation）均能得到显著改善。

生产过程效益提升正向促进数字化投入与企业效益的关系，但是这种影响在统计上不显著，也就是说，数字化投入与企业效益的正相关关系在统计上并不因为企业生产过程效益的差异而变化。换言之，不管企业的生产过程效益如何，企业增加数字化投入都会提升企业的整体效益，且投入产出关系相对稳定。这启示印染企业中高层管理人员在进行数字化转型时，需合理分配资源，盲目的将过量数字化资源投入生产过程数字化，忽略其他方面在数字化上的协调发展，会造成资源分配不合理现象，导致部分资源并未被充分、有效利用，进而不能实现企业效益最大化。

7.2 研究局限性

本次调研发送问卷 453 份，回收有效样本 233 份，问卷回收率不算高，在测量变量时，为避免反复进行问卷调查，对各类变量均在一次调查中体现，对于变量因果关系的考虑不算特别严谨。另外，在设计问卷题目时，为了兼顾答卷者的感受，有些可以进一步深入搜集的变量进行了弱化处理，这可能削弱变量的解释效力，再者，问卷调查时，部分调查问卷的答题率不到 100%，可能导致部分统计结果存在测量误差，在一定程度上影响最终分析结果的可信度。

7.3 启示与思考

回顾 AI 技术的发展和当前 ChatGPT 的火热，其背后的相关技术是 AIGC 已经历了几十年的发展积累。早在 1982 年，中国工程院院士、浙江大学教授潘云鹤就成功研制了“图案设计专家系统”，通过该系统计算机程序可自动快速设计出各式各样的精美图案，并运用在纺织印染-印花领域。美术设计和色彩知识对视觉元素等进行组合和推理以生成新的图案

与色彩的程序系统。将形式化的逻辑推理和形象化的理解生成有力结合起来，纺织印染可以说是我国最早的 AIGC 产业实践。纺织印染行业应该用更高的眼光和更宽广的胸怀去拥抱数字化转型并付诸实践。

通过本次研究，本人对于本企业的数字化转型工作初步形成以下思路。印染企业的数字化转型不可能一蹴而就，需根据自身所处的阶段逐步去摸索，从而找到适合自身特质的数字化转型方案，再稳步推进转型方案实施。通过持续提升生产装备和关键工序的数字化水平。强化数据平台搭建，对生产各要素数据进行有效采集、统计分析，形成一整套规范化的企业生产数据信息流和统计分析模块，引导日常生产运作。并逐步运用到研发设计、计划调度、质量管控、仓储配送、安全环保、市场营销、模式创新等关键环节。同时，要考虑到印染行业的客观现实着力避免对数字化的过分崇拜，注重资源的均衡分配，真正达到节约成本、提高效率，进而提高企业竞争力的目的，具体主要从以下几方面着手：

- 1、更应当注重转变企业内部思维模式和理念转变，吸引并培育数字化人才并调整组织结构，更好适应企业数字化持续变革需要。推进产教融合、校企合作，及企业内部有关智能化、信息化知识的培训力度，进一步提高企业内部员工应用智能设备、系统的能力；

- 2、查漏补缺，进一步完善、融合、迭代 MES（制造执行系统）、ERP（企业资源计划）、PLM（产品生命周期管理）、OA（线上办公）系统，及工业云平台，同时根据系统运作和融合要求，更新智能化印染设备和配备必要的辅助设施。融合 5G、人工智能、大数据、数字孪生等新一代信息技术，全面提升企业数字化实力；

- 3、尝试建立印染企业内部数据平台，对管理系统、印染设备信息、生产数据进行有效整合汇总，利用各生产环节数据进行统计分析，逐步刷选出一套能提高生产效率、提高产品质量、提高环保排放标准、降低生产成本的生产流程线和作业指令应用到生产实际；

4、寻求合适的行业数字化技改顾问或集成商作为合作伙伴，实施具有平台型、低成本、轻量化、见效快的数字化转方案。有条件的企业应争取成为通过工信部两化融合管理体系认证，从而在印染企业中起到引领、示范作用。

参考文献

- Axel Uhl, Lars Alexander Gollenia. Digital Enterprise Transformation: A Business-Driven Approach to Leveraging Innovative IT, 2014;
- Brian Solis. The End of Business as Usual, December 2022;
- Cennamo C, Dagnino GB, Minin AD, et al. Managing Digital Transformation: Scope of Transformation and Modalities of Value Co-Generation and Delivery. California Management Review, 2020;
- Charles O'Reilly, Michael Tushman. Lead and Disrupt: How to Solve the Innovator's Dilemma, Brilliance Audio, September 2016;
- George Westerman, Didier Bonnet, Andrew McAfee. "The Nine Elements of Digital Transformation," MIT Sloan Management Review, Jan. 7, 2014, <https://sloanreview.mit.edu/article/the-new-elements-of-digital-transformation/>;
- George Westerman, Didier Bonnet, Andrew McAfee. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation, October 2014;
- Joseph Bradley et al. Digital Vortex: How Digital Disruption is Redefining Industries & Global Center for Digital Business Transformation, an IMD and Cisco initiative, June 2015;
- Joseph Bradley et al. Digital Vortex: Digital Disruption in a COVID World, an IMD and Cisco initiative, 2021;
- Klaus Schwab. The Fourth Industrial Revolution, January 2016;
- Mark Raskino, Graham Waller. Digital to the Core: Remastering Leadership for Your Industry, Your Enterprise and Yourself, Bibliomotion, 2015;
- Meredith Whalen. A Digital Transformation Maturity Model and Your Digital Roadmap, IDC, 2014;
- Michael Wade. Digital Business Transformation – A Conceptual Framework, Global Center for Business Transformation, An IMD and Cisco Initiative, June 2015;
- Peter Weill, Stephanie Woerner. Is Your Company Ready for a Digital Future, MIT Sloan Management Review, December 2017. MIT <https://sloanreview.mit.edu/article/is-your-company-ready-for-a-digital-future/>;

- Raz Heiferman (海飞门), Yesha Sivan (习移山), Michael Zhang (张晓泉). Digital Quantum Leap, 《数字跃迁: 数字化变革的战略与战术》, August 2020;
- Yesha Sivan (习移山), Raz Heiferman (海飞门). The Digital Leader: Master of Six Digital Transformations. Cutter Consortium, Business Technology Strategies, Vol. 17/2, 2014;
- Yesha Sivan (习移山), Raz Heiferman (海飞门). The PIE Model: How CIOs Can Plan, Implement and Evaluate Business-Driven “Innovating Innovating,” Cutter Consortium, The Journal of Information Technology Management, Vol 29, No 8/9 2016.
- Westerman G, Bonnet D, McAfee A. The nine elements of digital transformation[J]. MIT Sloan Management Review, 2014, 55(3): 1-6.
- 埃森哲(Accenture Research). 发现新动能: 中国制造业如何制胜数字经济. 2017(9);
- 德勤领先创新中心(Deloitte Center for the Edge). 数字化颠覆式创新的九种模式. 2019;
- 清华大学全球产业研究院. 中国企业数字化转型研究报告. 2020(1);
- 姚小涛, 元晖, 刘琳琳, 肖婷. 企业数字化转型: 再认识与再出发. 西安交通大学学报. 2022(第42卷);
- 赵西三. 数字经济驱动中国制造转型升级研究. 中州学刊, 2017(12);
- 朱孟克, 夏咏. 传统企业数字化转型探析. 时代经贸, 2022, 19(2)
- 中国纺织工业联合会, 《纺织行业“十四五”发展纲要》
http://news.ctei.cn/bwzq/202106/t20210618_4152444.htm
- 中国纺织工业联合会, 《纺织行业数字化转型三年行动计划(2022-2024)》
https://www.cntac.org.cn/tongzhi/tongzhi/202206/t20220629_4249201.html
- 工业和信息化部, 《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/01/content_5655208.htm
- 工业和信息化部, 《“十四五”数字经济发展规划》
https://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/12/content_5667817.htm
- 周旭霞. 数字化转型推动杭州纺织服装业提升的路径研究[J]. 杭州科技, 2021(03): 41-46.
- 彭伟. 山东省纺织服装产业数字化转型升级路径研究[J]. 山东纺织经济, 2021(01): 8-11.

附录

A 印染企业数字化转型调查问卷

印染企业数字化转型是指先进信息技术与实体制造业的结合过程中，利用云计算、大数据、物联网、5G、AI 等新一代信息技术，推动生产、管理、服务不断向柔性化、精细化、智能化方向发展，加速由传统生产向智能制造转变。

数字化转型涵盖印染加工制造的全链条，如：染整设备智能化信息化，上“芯”上“云”实现智能监控、智能排单、在线采集、分析诊断等功能。以及 ERP、MES、OA 等企业管理系统运用，以提高企业生产效率，能耗管理和产品质量。

一、个人及公司基本情况

1、您的级别？

a 基层 b 中高层（部门负责人） c 高层（副总及以上）

2、您的学历？

a 高中及以下 b 中专或大专 c 本科 d 硕士及以上

3、你在印染行业的从业时间？

a 3 年及以下 b 4-8 年 c 9-13 年 d 14-19 年 e 20 年及以上

4、公司经营时间长度？

a 5 年及以下 b 6-10 年 c 11-20 年 d 21 年及以上

5、公司经营业务类型？

1 纯印染加工 o 印染加工及成品销售

6、公司 2022 年销售金额（元）？

a 3000 万以下 b 3000 万-1 亿 c 1 亿-5 亿 d 5-10 亿 e 10 亿以上

7、近年来公司在数字化转型方面的投入强度（资金、人力、组织等）？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

二、贵公司数字化转型必要性（要素是不是都具备？还缺什么要素？）

8、经营者对数字化理解对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

9、资金充裕对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

10、相关人才储备对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

11、信息化应用能力对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

12、生产流程规范对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

13、行业指导规范对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

14、政府政策支持对数字化转型的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

三、数字化转型方向（哪些方面需要进行数字化）

15、工艺研发进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

16、打样管理进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

17、染化料、机物料采购管理进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

18、能耗管理进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

19、财务管理进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

20、生产计划与调度进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

21、库管、仓储配送进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

22、质量管理进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

23、污染物（排放物）管理进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

24、营销管理（客户服务）进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

25、运营优化（成本管理）进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

26、市场快速响应（小单快返）进行数字化转型的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

27、设备实时监测的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

28、设备运行数据追溯产品质量的必要性？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

四、印染行业共性特性认知调查

29、自动化装备技术应用还处于初始阶段，提高生产效率、节能降耗发挥作用有限，对以上看法的认可程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

30、招工难及人力成本陡升，需要购买更多的自动化设备以应对，您对此问题的认可程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

31、先进适用技术及设备更新后优质产品供给，可以抵御东南亚、南亚等低成本国家竞争，对以上行业问题的认可程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

32、良好营商环境和稳定政策预期对印染企业数字化转型至关重要，对以上行业问题的认可程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

五、生产过程数字化转型效益

33、生产过程数字化转型，加快生产进度的程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

34、生产过程数字化转型，减少人工成本，提高生产效率的程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

35、生产过程数字化转型，提高节能减排和清洁生产水平的程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

36、生产过程数字化转型，提高产品质量和稳定性的程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

37、生产过程数字化转型，提高反应速度和应变能力的程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

六、数字化转型整体性效益

38、数字化转型对主营业务收入增长的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

39、数字化转型对毛利率提高的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大

40、数字化转型对染厂差异化竞争的影响程度？

a 完全不大 b 不大 c 不太大 d 也许大 e 大 f 很大 g 极大