

数字化转型探索：重塑制造模式， 引领“联宝”未来

丁晓辉^①

【摘要】 数字化转型是数字化时代企业提升自身竞争力，改善客户满意度，实现可持续、高质量发展的必经之路。本文对联宝科技数字化转型过程进行了全面的复盘和总结，包括公司战略与数字化转型愿景，数字化转型之前企业所面临的挑战和痛点，数字化转型的实施路径、方法及先进的数字化用例介绍，数字化转型如何为公司第二增长曲线赋能，数字化转型 2.0 的战略重点等。此外，本文还阐述了数字化转型为企业管理和企业文化所带来的变化 and 影响。

关键词：数字化转型；战略；数字化用例；数据

一、联宝科技数字化转型的缘起与愿景

联宝（合肥）电子科技有限公司（简称“联宝科技”）成立于 2011 年，为联想集团子公司，总部位于安徽省合肥经济技术开发区，占地面积为 0.305 平方千米，并在合肥、台北、深圳、昆山建立四大研发基地。自成立以来，联宝科技不断强化创新研发、智能制造、敏捷供应、卓越质量四大核心优势，主要产品包括 Lenovo 和 ThinkPad 系列笔记本电脑、台式机、工作站、服务器、车计算产品、边缘计算产品、XR/VR 及存储产品等，以及智能制造解决方案与服务，是联想全球最大的 PC 设备研发和制造基地，也是合肥首家千亿营收企业、安徽最大进出口企业，获评国家级“绿色工厂”、国家智能制造试点示范企业、工信部智能制造标杆企业等荣誉，并于 2023 年 1 月获得全球智能制造领域最高荣誉“灯塔工厂”认证。

联宝科技的数字化转型开始于 2017 年，当时 PC 市场正处于稳定增长周期，在联想集团的支持下，联宝科技的出货量也保持着逐年快速增长的趋势。但随着业务量的高速增长，联宝科技在制造管理方面却面临着诸多的挑战。第一，月度需求不平衡，波动较大。每个季

【作者简介】

丁晓辉 联想集团副总裁，联宝科技 CEO。研究方向为企业数字化转型与业务变革。

度第3个月的出货量是季度需求总量的45%，第1个月产能闲置40%。需求波动带来生产用工数量的剧烈波动，月用工在高峰期达2万人，招聘峰值为1.4万人，平均年招聘6万人。这给员工招聘、培训和产品质量保证都带来了难度和巨大挑战，同时员工质量存在高风险。第二，客户需求呈现多样化和定制化。每年平均上市新产品超过300个，60%以上的订单是客制化订单，而需求小于5台的订单数量占订单总数的80%，生产计划越来越复杂，库存管理难度成倍增加。第三，生产用工成本逐年上升，企业承受巨大的市场竞争压力。第四，5G、物联网、云计算、大数据和人工智能应用越来越广泛，同时国家和行业都在推动制造业升级和供给侧改革。第五，联想集团正式确立了“智能，为每一个可能”的愿景和3S战略，联宝科技作为集团最大的研发和制造中心，承担着联想战略转型先锋和排头兵的重要使命和责任。

基于以上内外部挑战及公司战略需要，联宝科技数字化转型顺势而生，并为数字化转型设立了愿景：助力联想领跑和赋能智能转型，成为行业领先的智能制造及服务提供商。为了实现战略愿景，联宝科技制定了“4345”数字化转型战略和路径，具体包括：4类方向，即4个业务需求和价值——柔性、敏捷、质量和创新；3化融合，即把自动化、数字化和智能化进行一体规划和实施，融合部署；4个打通，数字化的基础是流程和数据，数据决定了数字化转型的质量和效率，因此，我们将4类核心业务流程（从研发到制造，从订单到交付，从信息技术到运营技术，从内部到外部）和数据进行打通；5类技术作为联宝科技数字化转型的技术底座，即充分利用人工智能、大数据、云计算、数字孪生和物联网技术。

二、联宝科技数字化转型的创新实践

PC产业是典型的离散型制造，随着出货量的高速增长，联宝科技平均每天需要处理的订单都在8000个左右，其中80%的订单所需的数量小于5台，生产部门需要随时、快速切换机型生产。与此同时，产能与需求之间极度不平衡，联宝科技每个季度的第1个月产能闲置约40%，处于波谷期，而每个季度的第3个月（出货季度）会出货45%，又达到峰值期，全年都处于这样的波峰和波谷交错轮替之间，我们称这种生产模式为“联想尖峰制造模式（Lenovo peak load manufacturing, LPM）”。

（一）生产计划与灵活性方面

在尖峰制造模式之下，我们仍然要保证质量，按时交付，削减库存，这就需要借助数字化手段和大数据分析工具。第一，联宝科技基于历史数据，使用决策树算法（XGBoost）对未来的订单情况进行预测，并且预测颗粒度从总量细到具体的机型配置，订单预测结果有助

于指导产能计划（涉及人力、供应计划和库存管理方面），从而最大限度地减少浪费或解决产能不足的问题；第二，从电子数据交换（EDI）接单到供应计划结果发布的全过程实现自动化，90 分钟就可以完成一次完整的供应计划；第三，引入高级人工智能算法进行生产排程，考虑订单优先级别、物料供应和库存、生产效率、工艺制程之间的联动关系，共 47 个因素，从而在十几分钟之内就可以得出最优排产计划；第四，建立供应云平台，实现客户—联宝科技—供应商之间数据的互联互通，实现联合排产和统一指挥，以达到最大交付、最低库存效果。

（二）生产管理与产能优化方面

用工管理和工时利用效率是离散制造型企业的难点，联宝科技平均用工在 12000 人至 15000 人，高峰期用工达到 19000 人。因此，快速有效的员工编组、员工调度是保证工厂效率的必要条件之一。在数字化转型之前，这些工作都需要车间主管和班组长先行互相沟通信息，然后手工完成。联宝科技依据生产的特点，开发了生产人员管理系统，实现了所有生产工艺段和班组人员出勤的可视化，并能依据各个班组的人员需求和实际到岗情况，进行智能推荐和自动调整，极大地提高了班组长的管理效率。设备管理，也是保证工厂效率的必要条件之一。生产车间内所有设备通过传感器实现了互联互通，并把设备状态数据统一归集到设备管理平台，设备的使用状态一目了然，人员能提前对设备进行保养和维护，保证设备得以不间断的正常使用。生产效率的最大化，必然离不开每一个过程、每一台设备的最优集合，任何一个过程或者设备出现异常，都会影响整体的产出。因此，我们为生产车间开发和部署了绩效管理系统，所有设备的运行效率均能实现可视化、异常预警及问题追踪闭环管理，从而保证生产效率处于最优且可控状态之下。

（三）供应链管理方面

与产业链上下游协同是联宝科技数字化转型的重要方向和行动之一，通过数字化系统与合作伙伴协同，实现数字化对产业链的赋能，提高端到端价值链的运作效率。目前，联宝科技与合作伙伴之间的合作，主要聚焦在以下几个领域：（1）供应云：在供需层面，联宝科技和 300 多家一级供应商、100 多家二级供应商进行协同，实现信息共享和系统管理，其中部分核心供应商实现系统的 EDI 对接。（2）质量云：通过质量云平台，联宝科技与超过 300 家供应商实现质量数据和工作流的协同，双方实时分享数据，第一时间制订行动改善计划、确认改善效果，从而使质量改善效率和效果大幅提高。（3）联合排产：除了供需协同之外，联宝科技与本地供应商做了进一步的深度协作，实现联合计划、联合排产与调度，将双方的供需、库存和未来的生产计划共享，实现统一计划和生产，不但提高了交付满足率，同时也

大幅减少了供应商的库存量。（4）赋能上下游合作伙伴，推进数字化转型：联宝科技为上下游企业定制了轻量化生产执行系统，提高了他们的制造管理水平。同时，联宝科技依据不同企业的特点，设计开发了自动化生产线——北斗和天河，核心的供应商已经导入并取得了显著的经济效益。（5）模具云：联宝科技对部署在供应商端的模具从模型到开模、运行监控、设变等进行管理，从而更加精准地管理模具寿命和生产质量。（6）人才培养（弦歌工坊）：联宝科技通过引导上下游产业链的数字化转型，为生态企业培养专业人才，并与生态企业联合培育复合型“紫领”人才。

（三）可持续发展方面

可持续发展是企业的终极目标，绿色制造与循环经济是可持续发展的重要组成部分。绿色低碳目标是数字化转型的核心目标之一。（1）联宝科技在厂区部署环境与设备监控系统（BAS），实现能耗 100%的数字化管理，通过精确的管理和控制，最大化地提高能源的使用效率。（2）绿色和低碳经济是整个产业链的使命和任务。联宝科技在供应商层面推进星火行动、清洁能源的使用、能源技改项目及数字化项目的部署，同时自主开发了 Greenlink 数字化系统，将核心供应商的碳排放管理纳入统一的平台，实现实时监控，并依据需要对各个企业进行碳核查，为其发放业界认可的碳核查报告。经历 7 年的数字化转型之旅，联宝科技先后完成数字化人才团队组建和培训、生产自动化改造、IT 基础设施升级、工业互联网平台搭建、运营数字化工具开发、5G 和物联网技术部署等，在实际业务中开发和部署的数字化用例超过 100 个，其中行业内首次应用或者领先的数字化用例就有 31 个。以业务场景和价值驱动为指导方向，持续推进的数字化转型，为联宝科技经营带来了质的变化（见表 1），主要表现在：①生产效率大幅提升。单位人时产能提高 45%，设备综合效率提高 5%，换型时间降低 80%。②生产成本显著降低。单台计算机成本降低 15%，厂区能效降低 33%，每台计算机的碳排放降低 49%。③产品质量有效提高。材料质量缺陷率（百万分比的缺陷率，DPPM）下降 55%，客户端不良率（DPPM）降低 28%。

表 1 联宝科技数字化转型的成效分析

指 标	单 位	影 响
单台制造成本	美元/台	-15%
人均小时产出	台/人/小时	+45%
设备综合效率	%	+5%
材料质量缺陷率	DPPM	-55%
客户端不良率	DPPM	-28%
生产线换型时间	分钟	-80%
单台能效	千瓦时/台	-33%
单台碳排放	千克/台	-49%

三、联宝科技数字化转型的典型案例

（一）基于人工智能的生产计划和排程

联宝科技每年生产交付 3000 多万台产品（历史最高纪录达 4000 多万台/年），覆盖全球 126 个国家。每年有 65 万个生产订单，但其中 80%以上的订单是小于 5 台的定制化订单，从而可以看出传统生产计划和排程的效率低下、准确性差、客户需求响应慢等问题。

联宝科技基于人工智能自主开发的生产计划和排程系统，把客户、联宝科技和供应商的业务链整合起来，同时利用可自主学习的深度学习优化算法，兼顾生产效率、物料齐套、人力匹配、供应商交付、订单优先级等四十多个制约因素，通过排产控制中心及时响应产线、物料和人力等各种异常情况，更加敏捷地响应客户需求变化，实现客户与运营效率的最佳平衡。系统具有满足高复杂度的客户需求、高复杂度的供应等能力，以及具有主数据全可视、自动化订单优先排产、物料自动化分配、生产计划全过程自动化、模拟仿真等特征。

该系统在使用电子数据交换技术的基础上，重点运用大数据和公有云技术，并利用启发式算法优化方案，首创业界独有的高阶深度学习优化算法（此算法拥有 7 项发明专利）。该系统上线之后，立即帮助联宝科技有效解决了传统方法的五大难题：传统方式效率低，准确性低，响应慢；特殊客户需求（尤其是缺货条件下），客户订单交期模拟和专用物料的管理；计划人员无法通盘考虑全部制约因素；严重依赖计划人员经验，排产质量和效率参差不齐；供应商之间信息不透明，关联性和影响评估不准确。

系统上线使用后，经检验，整体的生产效率得到了大幅度提升，排产用时下降了 97%，每天紧急订单满足率提升了 20%，物料库存下降了 50%。655.8 亿美元，占全产业的 29%。在全产业的综合占比为 36%。

（二）黑灯柔性组装测试自动化

笔记本电脑组装测试是产品质量保证的核心过程之一，同时也是生产最复杂、难度最高的过程。传统手工测试需要大量熟练的技术工人，而传统自动化测试又无法满足产品配置多样、混合生产、生产频繁切换的需求，导致效率低下、投入产出比低。

联宝科技自主开发的柔性组装测试自动化生产线系统，针对笔记本电脑的五大测试模块（键盘测试、触控测试、摄像头测试、音频测试、接口测试），实现了无人化（100%自动化率）、多机型混合生产，减少了生产线停机换线次数，避免了人工搬运带来的碰刮伤，全面提升了测试效率，同时也提高了测试质量。该系统有如下 3 个特点：高柔性，基于刀具库和模块化系统设计理念，进行全智能化控制插拔测试，不同机型无缝切换，可以同时兼容 13~16 英寸屏幕的所有机型混合生产；高质量，无人化、零接触，实现从全流程结果追溯，升级为全过程数据分析反馈，进行闭环管理；高效率，人工换型升级为自动换型，机型切换效率提升 80%，采用的数字孪生技术，将测试模板设计效率提升了 23 倍。

为了实现以上“三高”功能，自动化系统采用了多项先进技术，包括高精度力矩传感器、光学伺服技术、工业级彩色相机及数据采样、人脸识别技术、光学算法、全封闭屏蔽箱、噪声消除技术、光学引导和角度仪伺服等。目前联宝科技生产过程已经实现了 100% 柔性自动化测试覆盖，并取得了巨大收益，如机型切换时间缩短了 80%，实现了无人生产，整体质量提升了 30%。

四、联宝科技数字化转型 2.0 战略及新业务赋能

经过 7 年的数字化转型，联宝科技实现了生产高度自动化，全过程数字化、标准化和可视化。在此基础上开发和部署的大量先进的数字化工具，大幅提高了经营和生产效率，极大地改善了产品的竞争力。面向人工智能新时代，联宝科技数字化转型的步伐并不会停止，并已正式启动 2.0 战略，聚焦在 3 个领域，即 1 个基础和 2 个突破，从而实现流程重塑和智能化应用的终极目标。

1 个基础，即企业数据治理平台。数据是数字化转型和智能制造的基础，更是未来人工智能发展的核心要素。产品数据和全过程交易数据已经实现全公司范围内的单一数据源（single source of truth），在继续巩固和扩大数据治理范围的同时，利用知识图谱技术和数据库技术，在公司范围内实现数据、信息和知识的统一治理，为垂直域的人工智能体开发打下基础。

2 个突破，即流程重塑和智能化应用。第一，为进一步释放数字化转型的效能，需要对

企业的核心业务流程进行打通和重塑，包括从研发到制造，从订单到交付，从信息技术到运营技术，从内部到外部。通过流程的打通和多模态数据的集成，重新定义产品开发及工程化流程、需求及计划流程、生产和交付流程、供应商质量管理流程、人与设备管理流程等，推动核心价值流进一步释放潜能。第二，在智能化应用方面，基于知识和数据治理平台，结合联宝科技和联想 40 年的产品开发、制造及全球供应链运作经验，利用人工智能技术，针对垂直域开发企业智能体，在日常活动中辅助员工和管理者进行自我诊断、预测和决策。

数字化转型使联宝科技的智能制造具备了超强的敏捷性、柔性和可靠性，其帮助联宝科技实现了核心 PC 业务的降本增效。同时，联宝科技积极利用领先的智能制造能力迅速拓展第二增长曲线，进入多个快速发展的新兴业务领域，先后成为新能源汽车域控制器、智能驾舱显示产品、嵌入式智能计算设备的原始设计制造商，以及智能算力平台和终端等产品提供商。授人以鱼不如授人以渔，联宝科技不断将凝聚多年的数字化应用经验进行产品化，形成整厂、整线、单机、软件共计四大类几十种软硬件的解决方案，为各行各业的制造企业赋能和服务，为中国制造业迈向低碳、智能化的发展轨道贡献力量。

五、数字化转型带来的管理变革

数字化转型是一场革命，是企业造血重塑的过程，对企业人才技能，管理理念、方法，以及业务流程都产生了根本性的影响和改变。第一，人才技能和组织框架的升级。联宝科技在数字化转型的初期，就认识到了人才的重要性，积极对关键岗位的人才进行数字化培训和知识技能的升级，培养人才前瞻性的数字化技能，令其确立正确的数字化思维模式。如今联宝科技已经将数字化技能作为人才评定的重要标准之一，在各个层级都有相对应的具体要求和标准。同时，联宝科技成立数字化转型办公室，统一协调资源和各个业务模块的流程，并推进数字化用例的开发、应用、验收和效果评价。

第二，管理效率的显著提升。数字化转型开始阶段主要聚焦计划、采购、生产和质量四个主要业务活动。数字化转型之后，各个协作环节能够使用统一的标准数据和系统，做到全数据流程的可视化和可信任。同时算法和大数据模型的应用，使得传统的手工业务分析模式升级成系统的自动分析模式，并提供建议和最后阶段的专家校准，极大地提高了人员劳动生产率和业务决策的效率和质量。另外，由于数据标准化和系统计算能力的加强，联宝科技的管理颗粒度也得到了进一步升级，实现了更加精细化的管理。

第三，逐渐形成协作和进取的企业文化。数字化转型之后，大量业务和管理数据已经全程可追溯、可监控和可信任，各个环节的工作成果实现了数字化、可视化和透明化，避免了

沟通和理解偏差，员工会更加关注数据、事实和结果。一段时间之后，企业文化慢慢发生了两个主要变化：①责任感和自我驱动意识增强；②数据和事实驱动的工作文化逐渐建立和增强。这些显著变化为企业持续发展奠定了坚实的组织和文化基础。

六、总结

数字化转型是企业由内及外、自上而下开展的一场全面革命，不论是信息化项目，还是数字化项目，都没有结束日期，需要企业持续迭代与演进。我们需要利用数字化转型对企业管理和运营过程进行重塑，最终将其与企业经营活动合二为一。

企业能否成功实现数字化转型，需要关注和解决以下关键问题：一是清晰定义数字化转型的短期与中长期目标，以及与公司战略的关系，并平衡好投资与回报；二是以终为始，将业务场景和价值作为数字化转型的出发点；三是通过核心团队思维方式的改变、知识结构及技能的更新，为推动变革提供动能；四是组建强有力的领导组织，自上而下地推动数字化转型和管理变革，使管理体系与数字化转型不断融合，从而产生经济效益；五是保持看得远、用对人的管理目标，循序渐进，持之以恒。业综合占比为全球第一，产业前四名领军企业均为中国企业，是中国两个（另一个为消费用燃料产业）绝对优势产业之一。这种优势的可持续性值得关注。

【作者介绍】

丁晓辉，现任联想集团副总裁，联宝（合肥）电子科技有限公司首席执行官，其在计算机和手机行业拥有 20 多年工程、质量及供应链管理经验，尤其在数字化转型领域有着独到见解和丰富经验。在其领导之下，联宝科技大力推进企业数字化转型和业务变革，并取得显著成效，成功实现业务多元化、运营数字化和管理精细化。2020—2023 年，联宝科技连续 4 年营业收入突破千亿元人民币，蝉联安徽省最大进出口企业，并于 2023 年成功入选世界“灯塔工厂”网络。企业在不断推进自身发展的同时，积极履行社会责任，带动上下游产业链共同做强、共同发展，并在“扶危济贫”“兴教助学”等方面也作出了很大贡献。