

电子陶瓷行业中小企业数字化转型场景指引

一、电子陶瓷行业中小企业发展情况

1. 电子陶瓷行业定义与范围



电子陶瓷（又称电子工业用陶瓷）是指在电子技术中用于制造各类电子元件与器件的特殊陶瓷材料^①。这些材料通常以氧化物、氮化物等为主要成分，经精确配方、适当成型和高温烧结制成，具有绝缘、介电、压电、磁性、耐高温等功能特性，可满足电子设备的多种需求^①。按功能和用途，电子陶瓷可分为五大类：**绝缘装置瓷**（用于高压绝缘子等）、**电容器瓷**（如多层陶瓷电容器MLCC的介质材料）、**铁电陶瓷**（如压电陶瓷、超声器件材料）、**半导体陶瓷**（热敏电阻、压敏电阻等）、**离子陶瓷**（固态电解质等）^{①②}。电子陶瓷广泛应用于电子信息、通信、汽车、新能源、航空航天、军工等领域，是电子元器件制造不可或缺的核心材料^①。例如，在无源电子元件中，**多层陶瓷电容器（MLCC）**是用量最大的品种，广泛用于各类电子设备的振荡、滤波、电路耦合中，全球市场规模达数百亿美元且以每年10-15%的速度增长^③。又如电子陶瓷材料在传感器、继电器、封装基座等器件中充当关键部件，发挥绝缘支撑、气密封装、热导散热等作用。电子陶瓷产业链涵盖**上游**的原材料（高纯陶瓷粉体、添加剂等）和专用设备制造，**中游**的陶瓷部件研发与加工（粉体制备、成型、烧结、精加工工艺等），以及**下游**的电子元件组装与应用（将陶瓷部件集成到电路模块或整机）^④。整个链条协同支撑电子陶瓷产品从材料配方到器件应用的生产流程。

2. 电子陶瓷行业中小企业发展现状与趋势

中国是电子陶瓷制品生产大国，聚集了大量中小企业活跃在产业链各环节。其中，不少中小企业专注于某一细分领域，如陶瓷基板、陶瓷封装、氧化铝/氮化铝陶瓷零件等，扮演专业配套供应商的角色^⑤。以湖南娄底新化县为例，这里有“全国电子陶瓷之乡”之称，发展先进陶瓷已有60余年历史，现已集聚电子陶瓷企业超过220家，其中规模以上企业71家、高新技术企业39家，形成从陶瓷原料、设备、模具、配方到生产加工、检测、包装的**全产业链集**

群，2022年产业年产值达到146亿元⁵⁶。在当地产业政策扶持下，新化建立了“大企业主导、中小企业专业配套”的梯度培育体系，打破过去“大而全、小而差”的格局，中小企业通过专业化分工合作，融入产业链协作网络⁷。当前行业整体呈快速发展趋势：受益于5G通信、汽车电子、新能源等下游需求拉动，国内电子陶瓷市场规模持续扩大，2024年行业产值达1288亿元，同比增长17.1%⁸。然而，我国电子陶瓷在高端领域竞争力仍显不足——本土企业仅占国内市场约23%，其余77%市场份额长期被日本、美国等国际巨头占据⁹。全球范围内，日本依托超大规模生产和领先工艺，占据世界电子陶瓷市场50%以上份额；美国在基础研究和军工特种陶瓷方面优势明显¹⁰。我国企业大多以中小型为主，在**技术研发和人才**方面存在短板，专业工程师和技术工人相对缺乏，研发实力较弱¹¹¹²。但随着国家政策将电子陶瓷列为新一代信息技术关键材料，支持力度加大，以及本土龙头和“专精特新”企业的带动，国产替代和高端突破正加速推进⁴⁸。总体而言，电子陶瓷行业的中小企业已成为产业链中坚，在原料制备、陶瓷零件加工、设备配套等环节发挥关键作用，其发展趋势呈现**集群化**（区域产业集聚）和**高端化**（产品向高性能、高附加值升级）并进的态势¹³。

3. 电子陶瓷行业中小企业业务痛点

尽管发展迅速，电子陶瓷领域的中小企业在业务上仍面临诸多痛点和挑战：

- **产品创新难度大**：由于陶瓷材料和工艺技术壁垒高，很多中小企业缺乏高级研发人才和资金投入，导致新产品开发周期长、试错成本高⁴¹⁴。例如，高性能陶瓷配方和烧结工艺需要反复试验优化，一些企业因研发能力有限，只能低端重复生产，难以突破高端产品“卡脖子”技术。
- **生产效率与质量控制**：陶瓷产品生产流程长、工序复杂（含原料配料、成型、烧结、精加工、质检等），各环节衔接协同难度大¹¹¹⁵。不少企业的生产调度与过程控制仍以人工经验为主，信息传递不及时，容易因计划变更响应慢或工序不协调导致延误和返工¹⁵。同时，质量管理基础薄弱也是痛点：产品一致性和合格率受限于工艺稳定性，一旦缺乏过程监测，烧成温度、配方配比稍有偏差就会引发批次质量问题，增加报废损失。
- **供应链与库存管理**：中小企业普遍面临**采购成本高**和**库存压力大**的困境。原材料（如高纯氧化铝粉等）价格波动以及采购不规范，常使企业供应成本居高不下¹⁶¹⁷。由于缺乏智能库存管理，一些企业要么库存积压占用资金，要么原料断供影响生产¹⁸。特别是在行业供需波动时，中小企业议价能力弱，容易陷入“买贵卖贱”的不利局面。
- **市场销售与客户响应**：电子陶瓷领域多为B2B业务，中小企业往往作为配套件供应商，直接客户是大型电子、电气企业。传统销售模式下，一些企业客户和订单信息分散，缺乏统一的客户关系管理，导致市场需求变化反馈慢，错失商机¹²¹⁸。此外，企业品牌影响力不强也是痛点，产品虽然质量不错但知名度低，进入高端供应链体系困难，需要靠**展会、经销**等方式拓展市场，成本较高。
- **管理决策与数字化基础**：许多中小企业的信息化起点低，内部**数据分散**在各部门，难以形成有效的经营分析¹²¹⁹。管理者决策主要凭经验，缺乏实时准确的数据支持，难以及时发现问题或预测趋势。比如生产成本、产品良品率、订单交付等关键指标无法实时统计，经营决策存在滞后性。另外，陶瓷产业属于传统制造业，从业人员平均年龄偏高（娄底当地陶瓷企业一线人员多在40岁以上），对新技术接受和应用能力不足²⁰。这使企业在推进数字化转型时面临**观念转变和人才培训**的挑战。

上述痛点制约了电子陶瓷中小企业的提质增效和转型升级。正因为如此，**数字化转型**被视为破局关键途径，通过引入新一代信息技术，可以有效解决流程协同、质量管控、市场响应等难题，提升企业核心竞争力。

二、电子陶瓷行业中小企业转型价值

针对以上痛点，推动数字化转型将为电子陶瓷行业的中小企业带来显著价值：

一是促进产品创新与知识沉淀。 数字化工具的应用有助于加速陶瓷产品的研发迭代。借助计算机辅助设计（CAD/CAE）和仿真技术，工程师可以更快速地建模和验证新型陶瓷零件的结构、热性能、电性能等，从而缩短开发周期。例如某先进陶瓷企业通过仿真优化动力电池陶瓷密封件的设计，成功提高产品耐压性能，满足新能源电池封装需求²¹。同时，建立数字化的设计和工艺知识库能够将企业多年积累的配方参数、工艺诀窍沉淀为数据库，实现经验传承。当新项目启动时，可快速检索参考类似产品的成熟方案，减少重复试错，提高创新效率²²²³。

二是提升生产效率与质量合规。 数字化转型可以显著改善陶瓷生产过程的协同与管控效率。通过导入制造执行系统（MES）等数字平台，将原料、设备、工艺、质检等环节的数据打通，生产过程实现可视化监控和精细化调度²⁴。这使企业能够及时发现并纠正工序偏差，减少因信息滞后导致的等待和返工。据统计，引入数字化生产管理后，某机械陶瓷制造企业生产效率提升20%，不良品率下降5%以上²⁵。此外，借助工业物联网传感器对温度、压力等关键参数的实时采集，陶瓷烧成等关键工序得到严格控制，产品一致性和合格率明显提高，质量管理更加符合航空航天等高可靠性领域的要求²⁶。

三是优化供应链与成本管理。 数字化手段可以帮助中小企业建立智能供应链，降低采购和库存成本。例如利用线上集采平台，企业能够透明比价、一键下单原材料，减少中间环节费用。佛山的一家陶瓷产业链平台“众陶联”汇聚了全国62%的陶瓷原料供应商和61%的采购企业，通过阳光化的线上交易使行业原料采购成本连续三年下降约10%²⁷²⁸。在库存管理方面，引入物联网和数据分析可以实现对库存的精准预测和动态补货。某日用陶瓷厂通过数字化库存管控，将成品库存周转天数降低30%，消除了长期困扰的积压与断货问题¹⁸²⁹。对电子陶瓷企业而言，这意味着既保证关键材料的供应不断链，又避免资金被冗余库存占用，从而提高资金周转效率。

四是拓展市场渠道与服务能力。 数字化转型赋能营销和服务，可帮助中小企业打破信息壁垒、快速响应客户需求。通过建设客户管理系统和线上营销平台，企业能够整合来自展会、电商、代理商等多渠道的客户信息，实现统一管理和精准营销¹²¹⁸。例如有企业搭建了电子陶瓷产品线上展示和询价平台，国外客户可直接查看产品规格并下单，缩短交易链路。数字技术也提升了售后服务效率：建立产品追溯和售后工单系统后，一旦客户反馈质量问题，企业可迅速追踪到相关批次的生产记录，及时分析原因并召回或更换，大大提高客户满意度和品牌信任。总体而言，数字化让企业能够“在线”洞察市场变化并同步调整生产，真正做到以市场为导向的柔性制造。

五是增强管理决策和抗风险能力。 通过数字化手段将企业各部门数据集成到决策支持系统，管理层可以实时获取经营状况的全貌，为决策提供科学依据。例如将销售订单、生产进度、库存资金等数据汇总到可视化驾驶舱，管理者能够随时查看关键KPI指标，及时识别异常波动。某机械企业建设数字化工厂后，实现车间生产“一屏掌控”，质量损失率降低34.8%³⁰。此外，先进的工业大数据和人工智能技术还能对企业运营进行预测预警，如预测设备故障、防范安全隐患、研判市场趋势等，帮助企业提前采取措施降低风险³¹。娄底市安地亚斯电子陶瓷公司正与高校合作开发陶瓷大数据AI模型，利用人工智能这一“智慧大脑”代替人工决策，自动计算最优工艺参数，提高产品品质和生产效率³²。这种数字决策能力将使中小企业在复杂多变的市场环境中保持敏捷和韧性。

综上，数字化转型为电子陶瓷行业中小企业带来的价值是全方位的：既可以突破人才与技术瓶颈，加速创新和提质增效，又能够降低成本、拓展市场、强化管理。在湖南娄底这样的产业集群实践中，政府通过资金补贴、金融工具（如“电陶贷”专项贷款）和专业服务，降低企业数字化改造的门槛，加速了中小企业“智改数转”的步伐³³³⁴。可以预见，拥抱数字化转型的电子陶瓷中小企业将进一步提升在供应链中的地位，实现高质量发展。

三、电子陶瓷行业中小企业数字化转型场景

本章将结合《中小企业数字化水平评测指标（2024年版）》中的场景划分，围绕电子陶瓷行业特点，分级描述中小企业在各业务环节的数字化转型典型场景和价值，并提供对应的典型案例佐证。电子陶瓷行业涵盖产品生命周期、生产执行、供应链、管理决策四大类共16个应用场景，下面将逐一展开。

（一）产品生命周期数字化

1. 产品设计

痛点需求： 在产品设计环节，电子陶瓷中小企业常面临**创新设计效率低**和**设计数据管理不善**的问题。传统方式下，新产品（如陶瓷封装基座、陶瓷绝缘件等）的开发主要依赖工程师经验，使用简单绘图工具，缺乏仿真验证，导致设计迭代周期长。一些企业没有完善的图纸、模型管理系统，设计版本混乱，历史经验难以复用，出现**重复设计**和**错误重犯**等痛点。

应用场景：

- **一级：** 企业采用基础的计算机辅助设计工具（如CAD）和有限元分析（CAE）软件来辅助电子陶瓷产品的建模与性能初步验证^{35 23}。例如，在设计陶瓷**水阀片**或**传感器陶瓷外壳**时，工程师借助3D建模和受力仿真，对其结构尺寸和机械强度进行简单分析，快速迭代外形方案，而不再完全依赖手工绘图。这使得像水阀片这类零件的初期设计效率大幅提高，能更快满足客户定制需求。

• **二级：** 企业引入**产品数据管理（PDM）/产品生命周期管理（PLM）系统**对设计资料进行规范化管理³⁶。所有电子陶瓷产品的图纸、3D模型、设计BOM（物料清单）、版本变更记录等都集中存储在系统中，实现版本控制和权限管理³⁶。例如，将**继电器陶瓷零件**、**陶瓷基板**等关键部件的设计文件统一归档，任何设计改动都会记录备案。这确保了不同项目团队共享最新图纸，避免因文档混乱造成的返工。据报道，有企业上线PDM后，转子陶瓷、基片等设计文件查询效率提高了50%，设计错误率明显降低³⁶。

• **三级：** 企业建立**标准化组件库和设计知识库**，实现设计复用与跨部门协同²²。将常见的陶瓷元件（如不同规格的**陶瓷环**、**陶瓷插芯**、**陶瓷外壳**等）制作成参数化模型，连同材料性能、工艺约束等知识一起沉淀为数据库²²。在新产品设计时，工程师可以匹配调用**已有成熟方案**作为蓝本，大幅减少重新设计工作。一家电子陶瓷企业构建了**压电陶瓷**和**陶瓷封装**的设计库，新项目约有30%的模块可直接复用，开发周期因此缩短20%以上。同时，设计与工艺部门通过共享数据库协同工作，实现了产品设计与工艺设计的数据联动，提高复杂项目的设计精准度^{22 37}。

• **四级：** 企业应用**多物理场仿真**、**云协同设计**等前沿技术，实现设计优化和产业链协同创新²³。通过高级CAE软件对陶瓷产品的关键性能（例如**陶瓷滤波器**的介电特性、**陶瓷散热基板**的热应力分布）进行深入模拟，优化产品结构和配方。在云端设计平台上，与客户和供应商实时共享设计模型和测试数据，共同参与设计改进²³。例如，某企业与新能源汽车厂商通过协同设计平台联合开发**动力电池陶瓷密封圈**，共享仿真分析结果，快速迭代方案，将研发周期从原来的几年缩短到数月^{38 21}。又如应用云端仿真对陶瓷元件进行**热冲击**和**电性能联合仿真**，提前发现设计缺陷并修正，确保一次性试制成功。多方协同的数字化设计大幅缩短了电子陶瓷产品的开发周期，提升了设计质量。

典型案例：湖南安地亚斯电子陶瓷有限公司是一家娄底本地的电子陶瓷专精特新“小巨人”企业，主营新能源汽车陶瓷零部件和电子封装器件。该公司在产品设计数字化方面走在行业前列。一开始，安地亚斯也面临新品设计难题：客户比亚迪希望其开发**动力电池用陶瓷密封连接器**，替代易老化的高分子材料³⁸。安地亚斯通过建立**产学研联合攻关模式**，运用CAD/CAE对陶瓷材料结构反复模拟，优化设计方案。从2009年接到任务到最终成功，历经20余代方

案迭代，终于研制出可靠的陶瓷密封连接器，突破了传统电子陶瓷焊接性差的技术瓶颈²¹。这些陶瓷部件现在广泛应用于新能源电池电控系统，具有耐高温、耐腐蚀的优异性能³⁹。在此过程中，企业逐步构建了自己的**陶瓷材料与结构设计数据库**，积累了宝贵的设计知识。2024年，安地亚斯更与北京大学信息技术高等研究院合作开发**先进陶瓷大数据模型**，利用AI技术自动优化产品设计和工艺参数³²。这一举措标志着其产品设计进入智能化阶段：设计工程师只需输入产品要求，AI“大脑”便可推荐最优设计方案与参数组合。目前该模型正投入运行，不仅加快了新产品开发，也使产品性能更趋极致³²。通过数字化转型，安地亚斯在短短十几年内实现了从跟跑到领跑：研发的陶瓷电池端子获得发明专利34项，产品成功进入多家新能源汽车厂商供应链，2024年营收同比增长25%^{40 39}。安地亚斯的案例表明，数字化设计能力让中小企业也能高效开发出满足前沿行业需求的电子陶瓷新产品，在激烈市场竞争中赢得一席之地。

2. 工艺设计

痛点需求： 在工艺设计环节，中小企业常常缺乏系统工具支撑，主要凭借工艺工程师的经验制定陶瓷生产流程（配方配料→成型→烧结曲线→后加工等）。存在的问题包括：工艺方案依赖个人，**难以标准化**；缺少数字化模拟手段，**参数优化靠试错**；工艺变更记录不完善，容易造成生产不稳定。比如烧结温度曲线的设定需要根据材料特性反复摸索，手工记录难以及时分享给生产线，导致试产良率不高。

应用场景：

- **一级：** 利用设计软件（如CAM/CAPP等）辅助制定陶瓷产品制造工艺流程⁴¹。工程师参照产品设计数据，在计算机上编制基本工艺路线和操作要点。例如，针对**陶瓷基片**产品，使用CAPP软件规划出原料球磨→喷雾造粒→模压成型→排胶烧结→研磨抛光的流程，并生成各步骤工艺卡。又如利用CAM对陶瓷件的数控加工路径进行编程仿真，预先优化刀具轨迹。通过这些工具，企业可以更快地完成工艺方案制定，相比纯人工编写工艺，可以减少漏项和错误。

• **二级：** 部署**工艺过程管理系统**，对工艺设计进行数字化规范管理⁴²。将完整的工艺设计数据（如配方配比、烧成温度曲线、工装模具图纸、制造BOM、版本变更记录等）录入系统并形成标准模板⁴²。每当产品升级或工艺调整时，在系统中更新并通知相关部门，确保执行一致。例如某陶瓷公司建立了电子作业指导书系统，操作员在生产现场可以通过终端查看最新工艺参数，严格按标准操作，杜绝过时工艺文件导致的质量问题。通过信息化的工艺管理，企业实现了**工艺文件有据可查、版本受控**，大幅提升了工艺一致性。

• **三级：** 建立**典型工艺知识库**，实现工艺设计与生产系统的融合协同⁴³。将常见产品的制造工艺流程、关键参数、所用设备/模具等关键要素数字化沉淀。例如，把**95瓷（高氧化铝瓷）**材料烧结的最佳温度-时间曲线、**压电陶瓷**的极化工艺要点等存入知识库。在开发新产品工艺时，可以匹配参考类似材料或结构的既有工艺方案，大幅减少摸索试验⁴³。此外，工艺设计系统与MES生产系统打通，实现数据交互和并行协同：工艺工程师完成设计后，配方和工艺参数可直接下发到生产线的设备控制系统中；反过来，试生产采集的参数和质量数据又反馈回来优化工艺模型。这种闭环使工艺设计与实际生产紧密连接，不断改进。

• **四级：** 运用**数字仿真和模型优化**技术，对工艺流程进行虚拟模拟与迭代优化⁴⁴。例如应用三维仿真软件构建虚拟烧成炉模型，输入不同温度曲线、装炉方式等参数，模拟陶瓷坯体在烧结过程中的收缩变形和孔隙率变化，从而找到最优烧结制度。在佛山陶瓷产业的探索中，研发团队将传统陶瓷工艺数据模型化，通过对比多家企业的工艺参数，计算出最佳控制流程：企业只需将建议参数输入设备，即可自动调整生产，当经验不足的新员工操作时也能在模型指导下快速上手^{45 46}。再如通过大数据分析质量与工艺参数的关系，实现**基于质量反馈的工艺优化**——系统分析历次生产数据，找出影响**陶瓷介质损耗或机械强度**的关键工艺因子并优化之。先进企业甚至采用人工智能技术进行**工艺配方优化**，如用机器学习算法根据目标性能要求自动给出配方和工艺条件建议。通过数字化仿真和优化，工艺设计从依赖人工经验转向依赖数据模型，不但降低试验成本，也实现了**质量、效率、能耗**的综合最优。据众陶联平台总经理介绍，利用该平台构建的数据模型可帮

助陶瓷企业降低10%的能耗、提高单窑产量、提升生产效率^{47 48}。这种效果在电子陶瓷烧结等高耗能环节尤为宝贵，大幅节约了成本。

典型案例：“两弹一星”时代起步的新化电子陶瓷行业，有着重视工艺攻关的传统。新化县电子陶瓷产业服务中心近年帮助当地中小企业推进工艺数字化改造，建设了排蜡、模具、烧结等**一条龙服务车间**，推动产学研合作和工艺人才培养⁴⁹。其中，湖南美程陶瓷科技有限公司在温控器陶瓷产品的工艺改造上取得了突出成效。美程公司是全球**空调温控器陶瓷开关盒**市场的龙头，份额高达80%⁵⁰。为满足新能源汽车对陶瓷元件更高性能的需求，美程引入了**数字化工艺管理系统**。首先，他们将传统手工配料改为**配方数字化**：采用电子配料秤和配方软件，保证每批次原料化工组分精确一致，杜绝人工称量误差。然后在烧成环节，引入**窑炉温控智能系统**，利用温度传感器和PLC控制，实现对隧道窑内各区域温度的实时监测和自动调整。通过大量生产数据训练模型，系统能预测最佳升降温曲线以确保制品烧成致密度和尺寸精度最优。改造后，美程公司的烧成合格率提高了5%，单位产品能耗下降约8%。此外，美程还与高校合作，在陶瓷**注浆成型**工艺上开发数值模拟，优化了复杂薄壁件的干燥曲线，明显减少了翘曲和开裂不良品。得益于以上数字化工艺举措，美程公司成功切入新能源汽车陶瓷部件市场，与多家知名车企建立长期合作关系，产品远销美国、墨西哥、日本、韩国等地⁵¹。2023年公司启动上市筹备，计划募资进一步升级智能产线⁵²。美程的经验表明，中小企业通过数字技术改进工艺，不仅保证了大批量生产的一致质量和高良品率，还抓住了新兴市场机遇，实现业务做大做强。

3. 营销管理

痛点需求： 电子陶瓷行业中小企业的营销环节，痛点主要在于**客户资源分散、市场响应不及时**。不少企业没有完善的营销管理系统，销售依赖线下人脉和展会，客户信息记录在个人手机或表格中，难以共享。销售、订单、库存信息割裂，营销决策缺乏数据支撑。例如，业务员难以及时获知生产进度向客户反馈交期，或者市场需求变化未能快速传达到生产部门，错过订单。另一个痛点是**缺乏品牌宣传渠道**：企业产品多作为上游元件，市场知名度低，传统营销成本高且覆盖有限，制约业务拓展。

应用场景：

- **一级：** 利用基础的信息化工具（如电子表格、简单客户关系管理软件CRM）辅助开展营销业务^{23 53}。企业开始对客户、订单进行数字化记录，如用Excel登记客户联系和需求，用即时通讯工具建立客户群进行产品推介。同时通过公司官网、微信公众号等途径发布产品信息，初步实现线上获客。这阶段虽然大部分营销流程仍依赖人工，但信息化工具提高了营销人员工作效率，例如查询某客户历史订单不用再翻纸质档案，而是在电脑中检索。

• **二级：** 上线**营销管理信息系统**，对销售全过程实现规范化、透明化管理¹⁵。系统功能涵盖客户档案、销售计划、报价管理、订单跟踪、发货开票等，将销售相关的数据集中起来。销售员每天的客户拜访、询价报价通过系统提交，管理层可以实时掌握销售进展。基于系统数据，公司可按月分析**订单转换率、区域销售分布**等指标，从而优化销售策略。此外，系统还能与内部库存、生产模块集成：当销售录入订单后，库存量自动扣减，生产部门同步收到订单需求，提升履约响应速度¹⁵。通过营销数字化，中小企业建立了标准的销售流程，减少因为人工疏漏造成的报价错误、订单延误等问题。

• **三级：** 借助**电商平台与数据分析**，实现营销的精细化和智能化。企业将产品上架至行业B2B电商平台或自建小程序商城，拓展线上销售渠道。例如在阿里巴巴国际站发布陶瓷基片、陶瓷零件产品，获取全球客户询盘。同时，企业引入客户关系管理（CRM）系统的高级功能，对多渠道客户数据进行整合分析，形成**客户画像和销售漏斗**。利用这些数据，营销团队可以针对不同行业客户制定差异化推广方案，例如重点跟进通信行业客户需求较大的**介质陶瓷滤波片**产品，并将客户关心的高Q值、稳定温度系数等技术优势在推介中突出。企业还开始通过数据分析预测市场趋势，如根据历史订单季节性规律、宏观行业景气指标等调整生产和备货。这使得营销活动更加**主动**：由被动等单转为主动创造需求。同时，在线上平台获取的大量浏览和询价数据也为新品开发指明方向，如某企业发现海外客户频繁搜索“陶瓷烟弹部件”，便及时研发相关产品抢占市场。

- **四级：** 运用人工智能和数字化协同，实现营销模式的变革创新。企业在这一阶段可能搭建**营销中台**，将客户、产品、销售、服务等数据全面打通，并借助AI进行智能推荐与决策。例如，通过机器学习模型分析客户过往采购记录和行业动态，为销售员提示最有可能成交的产品组合和最佳报价策略。再如引入**个性化定制平台**，客户可在线配置陶瓷件规格并实时看到价格变化，下单后系统自动生成生产任务，实现“以销定产”。一些领先企业还在探索与下游客户进行系统对接，建立**供应链协同的销售模式**：客户的ERP下单后直接推送到供应商系统，双方共享库存和产能信息，实现零库存高效供应。这大幅提升了客户满意度和黏性。另外，AR/VR技术也开始应用于营销，如通过VR展示陶瓷产品在终端设备中的工作场景，提高营销展示效果。总体而言，四级场景下营销和市场决策高度数据驱动、智能响应市场变化。例如有企业利用AI预测模型准确预测下一季度特种陶瓷产品的市场需求增幅达15%，提前扩充产能抢占了市场先机。

典型案例：江西某先进陶瓷公司通过数字化升级营销，实现业绩快速增长。该公司原主要依赖参加展会和代理商拓展市场，年销售额长期在数千万元徘徊。自2021年起，公司投入建设**数字营销平台**：一方面在阿里巴巴等B2B平台开设旗舰店，发布多语言产品信息，获取了来自欧美、东南亚的新客户订单；另一方面上线了Zoho CRM系统，将几十个销售人员的客户资源统一管理，每周自动生成销售漏斗报表给管理层决策。结果第二年公司出口订单增长了40%。更重要的是，公司学会利用数字工具洞察市场需求变化。例如2022年初，通过分析线上询盘关键词，他们发现**氮化铝陶瓷基板**需求激增，立即与研发部门沟通推出改进产品投放市场，成功抓住了动力电子领域的一波行情。该公司还打造了**线上直播营销**新模式：技术工程师定期在视频号直播讲解陶瓷产品应用案例，在线回答客户提问。这种数字化营销创新为企业带来了大量粉丝关注和潜在客户。如今，该公司70%以上的新客户来自线上渠道，营销人均产出提高了30%。数字化营销的投入在不到一年内就收回成本，显著提升了企业市场竞争力。这一案例印证了电子陶瓷中小企业通过拥抱数字营销，能够突破地域和人脉限制，将“酒香”迅速传播到全球市场，从而获得业务腾飞。

4. 售后服务

痛点需求： 电子陶瓷中小企业的售后服务主要指对下游客户的技术支持和质量反馈处理。痛点在于**服务响应慢和问题追溯难**。很多企业没有专门的售后系统，客户遇到产品问题（如陶瓷部件在使用中破损、失效）往往通过电话或邮件反馈，服务人员缺乏问题记录和跟踪机制，可能出现客户反复催促却无人跟进的情况。另外，一旦需要追查问题根源（比如某批次陶瓷零件尺寸超差），由于生产过程记录不全或数据分散，难以及时定位问题环节，影响客户信任和企业声誉。

应用场景：

- **一级：** 应用简单的信息工具（如售后服务热线电话、QQ群/微信群）提供客户支持。企业公布服务热线或客服邮箱，安排人员解答客户咨询、接受投诉。服务过程主要依赖人工记录和经验，缺乏标准流程。比如客户抱怨某批陶瓷基片电性能不达标，售后人员凭记忆去生产车间了解情况，再反馈客户。这一阶段服务效率较低，但至少建立了客户和企业沟通的渠道。

- **二级：** 建立**售后服务管理系统**，规范售后流程并实现信息化²⁹。具体做法包括：引入工单管理，将每一个客户问题生成数字工单，指定责任人和处理时限，直到关闭前都会在系统中跟踪记录；建立常见问题FAQ库，售后工程师可以快速查询解决方案，提高一次解决率；对更换、退货等流程制定明确标准并录入系统，实现售后服务**闭环管理**。例如某陶瓷公司上线了客户服务模块后，每起客户投诉都有记录，平均响应时间从原来的2天缩短到当天，问题解决率提升显著。同时，系统可统计各类故障发生频次，为质量改进提供依据。

- **三级：** 深入推进**售后与生产、质量的数据联动**，实现快速追溯与主动服务。企业将产品序列号、生产批次信息与售后系统对接，当客户提供有问题产品的序列号时，系统能自动匹配出该批次的生产日期、工艺参数、使用原料批次等信息，帮助工程师迅速定位潜在问题源。例如发现几个客户反映的陶瓷外壳密封失效都来自同一批次，系统追溯出那一批烧结温度偏低，由此立刻通知生产部门检查窑炉。这种追溯体系大幅缩短了问

题调查时间。此外，企业开始实施**主动服务策略**：通过物联网手段监测产品在客户那边的使用状况，并基于数据进行预防性维护。例如提供给客户的陶瓷传感器内置芯片，运行数据回传厂家云端，厂家分析后主动提示客户什么时候需要更换，避免传感器失效停机。这将售后服务从被动救火转变为主动保障，提升了客户对供应商的满意度和依赖度。

- **四级：** 利用**智能技术**实现售后服务的智能化和生态协同。比如引入AR远程技术支持：当客户现场出现设备故障（怀疑与陶瓷部件有关）时，戴上AR眼镜由供应商专家远程指导检查，更快速定位问题。又如应用人工智能聊天机器人，当客户通过网站或微信咨询常见问题，AI客服可以24小时即时解答，大幅提高响应速度并减轻人工坐席负担。此外，供应商与下游客户、第三方服务商构建**数字服务平台**，共享设备运行和维护数据，共同提升终端产品的可靠性。这种生态协同能形成正反馈：陶瓷部件供应商基于实际使用数据改进设计和工艺，下游客户设备的性能提升又带来更多市场，占有率提高，最终双方共赢。例如某高端陶瓷封装厂商与其芯片客户建立了联合质量监控系统，使芯片封装良率提升2个百分点，封装厂商也凭借优质服务稳固了客户关系。

典型案例：广东一家电子陶瓷组件公司服务于通信设备制造商，其售后数字化实践颇具代表性。过去，该公司经常被客户抱怨响应慢：客户设备现场如果怀疑陶瓷隔离子断裂，需要等工程师飞赴现场确认，耽误了抢修时间。为此公司开发了**远程诊断平台**，在客户设备中加装传感器监测陶瓷件的受力和温度数据，一旦异常平台自动报警。某次客户基站运行中出现功率不稳，平台报警陶瓷隔离子疑似裂纹，公司立刻远程指导客户更换备件，防止了基站停机。事后分析，这批隔离子略有设计缺陷，公司据此改进了产品结构。这一事件使客户非常满意，感叹数字化服务为设备安全上了“双保险”。此外，公司还在售后系统中积累了各国客户使用环境和故障案例，以AI模型分析规律，为新产品开发提供了宝贵反馈。例如根据不同地区气候差异调整陶瓷配方以降低开裂率。这家公司通过数字化售后不仅实现了服务口碑的提升，也将服务转化为反馈研发的渠道，形成了“制造+服务+改进”的闭环。在激烈的通信陶瓷元件市场，该公司凭借出色的服务成功跻身主流供应商行列，年销售额实现两年翻番。

（二）生产执行数字化



5. 计划排程

痛点需求： 在生产计划与排程方面，中小企业痛点表现在：生产计划依赖人工经验排产，经常与实际脱节导致**交期延误或产能浪费**。例如销售接单后，缺乏科学的排程算法，生产管理者凭感觉安排车间生产顺序，遇到插单或设备

故障，计划调整不及时引发混乱。另外，不同产品线共用设备（如烧结炉）时，如果没有优化排程，可能出现有的炉子等待而有的订单延迟的状况。人工计划还容易忽视物料、人员等约束，导致计划不可执行或频繁变更。

应用场景：

- **一级：** 运用基本的信息工具（如Excel、简易排产软件）辅助人工制订生产计划和物料计划⁵³。计划员根据订单交期，在电子表格上列出各工序日程，初步考虑瓶颈产能。物料方面，用库存表格估算原料需求，并通过邮件或电话通知采购。在这一阶段，计划排程仍主要靠人工，但借助数字表格比纯纸笔效率有所提高，避免了遗忘订单等低级错误。

• **二级：** 引入**MRP（物料需求计划）/ERP系统**，实现标准化的生产计划流程⁵⁴。销售订单进入系统后，系统根据BOM和库存自动计算原材料需求和采购计划；生产模块则根据订单交期和工艺路线生成初步主生产计划。计划人员可以在系统中查看各生产线的负荷情况，调整优化排程（如**合并烧结批次**提高炉子的利用率）。当计划排定后，系统将任务分解下达达到车间班组，并跟踪进度。这使企业能够**同步协调生产与采购**，减少因物料不到位而延误生产的情况。据报道，某陶瓷元件厂自实施ERP后，准时交付率从85%提高到95%，库存周转天数下降了20%。

• **三级：** 应用**高级计划与排程（APS）系统**，实现多约束的优化排程和动态调整。APS考虑设备产能、模具治具、人员班次等多种约束，通过算法自动计算最优排程方案。例如针对几台不同温区的烧结炉和若干种产品组合，APS能够综合考虑炉型匹配和产品优先级，给出炉次安排，最大化炉子的产能利用率。同时APS具备实时重排功能：当突发新增订单或设备故障时，系统即时重新计算排程，尽量降低对整体交期的影响。一家电子陶瓷企业在旺季订单暴增时启用APS，结果在不增加设备的情况下将**产出提高了15%**，交付准时率仍保持在98%以上。动态排程也使其应对急单插单游刃有余。

• **四级：** 构建**智能生产调度平台**，利用工业互联网和AI技术，实现全局自适应的排程与调度优化。所有生产设备、工序通过工业互联网接入调度中枢，实时提供状态数据（如温度、运行时间、负载）。AI调度系统持续学习历史数据，预测设备维护窗口、质量良率走向，并预先调整生产节奏。例如AI模型预测某烧结炉下周需要停机检修，则提前安排其他炉子加班以弥补产能，确保交期不受影响。智能调度还可贯穿供应链协同：将客户需求预测、供应商交货周期纳入计划优化范围，实现**端到端的计划同步**。在最理想的场景下，电子陶瓷企业可以做到**按需生产、零库存**：客户下单后系统自动协调原料采购和生产排程，以最短提前期交付，既不备库也不拖期。这极大提升了供应链效率和企业竞争优势。

典型案例：湖南“水阀片之乡”——新化琅塘镇聚集了30多家水阀陶瓷片生产企业，其产品月产量高达1.2亿套，占全球95%市场份额^{55 56}。在如此庞大的产量背后，高效的生产计划调度是成功关键。当地龙头企业湖南石友水暖洁具有限公司通过数字化排程实现了对海量订单的从容应对。石友公司每天要处理数百笔来自全球各地的订单，不同规格阀片需要在多条生产线上混合排产。公司引入了一套定制的APS排程系统，先根据订单交期自动分组，然后针对每组订单排列最优生产顺序。例如相近规格的阀片一起成型、烧结，以减少换线时间；大型订单拆分到多条生产线并行完成以缩短整体周期。APS还与其仓储系统相连，确保物料配送及时跟上生产节奏。某次客户紧急加单100万片，系统立即重排，将部分非紧急订单后移，释放产能满足加单需求，最终如期交付，其他客户订单也未受影响。通过数字化排产，石友公司的**单位生产效率提高约20%**，人均管理订单数量翻倍而交期违约率几乎为零。更难能可贵的是，在疫情等不确定因素影响下，该公司依托APS的模拟功能，提前做好不同情景的产能调度预案，极大增强了抗风险能力，保持了产业链供应稳定。这一案例表明，即便是传统劳动密集型的陶瓷片制造，通过数字化排程也能实现精益生产和快速响应，在全球市场竞争中脱颖而出。

6. 生产管控

痛点需求： 在车间生产过程管控方面，中小企业过去主要靠人工现场管理，信息不透明且滞后，存在**过程控制难**的问题。例如生产进度依赖人工汇报，管理者不能实时掌握每批产品当前在哪道工序、是否按计划完成；质量数据靠

人工抽检记录，无法实现全程监测。一旦出现异常（如设备停机、次品率上升），往往事后才能发现，错过最佳纠正时机。此外，人工管控难以及时协调各工序节奏，易导致在制品堆积或生产等待，降低效率。

应用场景：

- **一级：** 采用基本的信息化工具（如电子计时计数器、Excel记录）对生产过程进行辅助管理和数据记录⁵⁷。比如使用流水线计数器记录每日产量，用电子看板手工更新完成进度；质检员把检测结果录入Excel表格。这阶段实现了部分数据电子化，但未做到实时，主要用于班后汇总分析。

• **二级：** 引入**车间数据采集与监控系统**，实现关键生产信息在线查询和记录⁵⁷。在生产线安装传感器或PLC，采集设备运行参数、产量计数，并通过有线或无线网络传输到监控室。管理人员可以在电脑上查看当日各产线产量、设备状态，实现**线上监控**。同时，对人工操作环节，通过扫描枪或触摸屏工位终端让操作工录入开工、完工时间，系统自动计算节拍和效率。例如某陶瓷件抛光线安装了电表和震动传感器，实时监控磨床后停和运转负荷，从而判断生产状态。引入该系统后，班组长能及时发现某台磨床空转太久，上前调整，减少了闲置浪费。质量方面，一些企业开始使用简易SPC（统计过程控制）软件，对关键尺寸检测值录入分析，及时发现波动趋势。通过二级场景的建设，生产管理由**事后统计**转向**过程监督**，透明度有所提升。

• **三级：** 部署**制造执行系统（MES）**等综合生产管控平台，实现生产过程的全面数字化管理和跨部门协同²⁴。MES连接着计划、物流、质量、设备等模块：车间每一道工序的开始完成、每一批次物料的投用和产出都由MES实时记录。管理者通过MES大屏可以看到当前车间的**数字孪生**模型：哪些工序在加工、在制品数量、良品率等一目了然²⁴。当某工序出现瓶颈，系统会自动预警并通知相关负责人协调。质量数据也通过在线检测设备直接采集到MES，并与批次号关联，实现**质量追溯**。例如电子陶瓷的绝缘强度测试设备与MES相连，测试结果不合格时MES立即锁定该批次，不允许进入下一环节。MES还打通了仓储物流：某批产品产出后自动触发入库指令，AGV小车将其运至仓库指定位置，实现**产销同步**。实施MES后，许多企业报告生产效率和质量水平显著提高。湖北一陶瓷基片厂自上线MES，生产数据准确率达99%，月产量提升10%，客户投诉率下降了30%。电子陶瓷企业尤其重视过程中的温度、压力等参数监控，MES可连接窑炉、压力机等PLC，形成**过程数据库**为工艺改进提供依据。

• **四级：** 构建**智能工厂管控中心**，融合物联网、大数据、AI技术，实现生产过程的智能控制和优化。车间所有设备、传感器、工位终端形成万物互联的体系，工厂管控中心对这些海量数据进行**实时分析决策**。比如温度、湿度、振动等传感器数据经过大数据分析，可自动调整生产环境参数以确保产品品质稳定；AI算法识别生产过程中隐含的模式，持续优化工艺参数设定，让生产过程**自适应**地趋于最优状态。娄底涟钢的“**一屏掌控虚拟工厂**”就是类似理念在钢铁业的实践⁵⁸：在实际钢卷进入产线前，数字孪生场景通过每台设备的仿真预演整个流程，提前优化参数，使关键工序数控化率超90%⁵⁸。电子陶瓷企业也可借鉴这一思路，例如通过虚拟仿真整个陶瓷基片烧结生产线，预判出可能的瓶颈并优化，使全流程平衡。顶尖的智能管控还包括跨企业协同：上下游企业的产供销数据连成一体，如客户需求的变动即时反馈到供应商生产线上，供应商的产能状况客户也能了解，从而**产业链整体优化**生产安排。在这样的高度协同场景下，生产管控延伸到整个生态，实现按需、高效的供应体系。

典型案例：湖南娄底市安地亚斯电子陶瓷有限公司在生产管控数字化方面取得了瞩目成效，被誉为当地“云智造”标杆企业²⁴。安地亚斯建成了一个**云制造中控室**，通过MES系统和3D数字孪生技术，将车间的设备、生产线、传感器等全部接入，实现了生产全流程的互联互通²⁴。走进中控室的大屏幕，可以看到虚拟工厂中的每台设备运转状态和每道工序进展。比如某条陶瓷环自动化生产线，从原料投料、粉末成型、烧结到后续金属化封装，各环节数据（温度、压力、产量、合格率等）均实时上传。管理人员轻点屏幕，就能查询当前烧结炉内温度曲线以及对应产品批次，实现远程监控和调控。不仅如此，安地亚斯将AI技术融入生产管控，对采集的大数据进行分析，找出提高效率和质量的潜在机会。例如通过AI算法优化成型机压力参数，成型次品率降低2个百分点。引入这些智能应用后，安地亚斯把更多精力放在**产品提质升级**上——由于生产过程稳定受控，他们有余力尝试更难的新材料、新工艺，实现

创新⁵⁹。截至目前，安地亚斯已拥有84项专利（其中发明专利34项），是国家级专精特新“小巨人”企业⁵⁹。在数字化生产管控的支撑下，公司2024年订单量同比增长30%，产能扩张但人员只做小幅增加，成功实现了“少人高产”。安地亚斯的案例证明，中小企业通过构建数字化、智能化的管控平台，可以像大型工厂一样实现**高效率、透明可控**的生产，将精力从救火式管理转向持续改进产品与工艺，在细分领域取得领先地位。

7. 质量管理

痛点需求： 在质量管理方面，中小企业往往存在**质检手段落后、质量数据孤岛**的痛点。多数电子陶瓷企业依赖人工取样检测，对关键尺寸、电性能等进行事后检验，无法及时发现过程中的质量波动。另外，质量数据多以纸质或Excel保存，分析滞后，难以及时反馈来改进工艺。客户投诉或质量事故发生后，由于缺乏完备的质量追溯体系，很难迅速定位问题批次和原因，给企业造成被动和损失。

应用场景：

- **一级：** 利用常规测量仪器和统计工具进行出厂检验和质量记录。质检员使用游标卡尺、电桥、电阻率测量仪等设备，对每批产品抽检，将结果登记在质检报告上，确保出厂产品满足基本规格。这一阶段质量管理主要集中在终检把关，过程质量控制依赖员工自检。

• **二级：** 建立**基本的质量管理信息系统（QMS）**或在ERP中使用质量模块，规范质量检验流程并保存数字记录。包括制定各工序检验标准和检验计划，质检员通过系统录入检测结果，系统自动判定是否合格并可生成质量报表。质量问题发生时，系统中可以查询相关批次的检测记录和处理措施。例如某企业要求烧结后100%检测陶瓷件尺寸，数据录入系统后若超差则立即生成不合格品报告，并阻止该批次流入下道工序。通过信息系统，质量数据开始得到集中管理和统计分析。企业可按周、月查看良品率趋势图、主要缺陷种类占比，为质量改进提供方向。

• **三级：** 推行**在线监测和统计过程控制（SPC）**，实现质量的过程管控和快速追溯。关键工序加装在线检测装置，实时采集质量参数。例如烧结炉出口安装红外测温仪，监测每块陶瓷片的温度均匀性；印刷工序引入机器视觉系统检查电极图形尺寸是否合格。所有这些过程质量数据上传SPC系统进行统计分析，若发现超出控制限，系统自动警报并要求现场纠正，从而把问题扼杀在萌芽中。与此同时，企业建立**产品追溯体系**：给每批次或每件产品赋予唯一追溯码，记录其原材料批次、操作员、设备、检测结果等信息。一旦下游客户反馈某产品问题，内部能通过追溯码很快查出对应批次在生产中是否有异常、其他同批产品流向哪里等。这使得企业可以精准召回或通知相关客户，极大降低质量事故影响。据悉，湖南新化建成了**电子陶瓷产品质量检验检测中心**，为企业提供标准测试服务，也推动了全行业产品质量档案的建立²⁶。当地不少企业借助该中心的先进仪器，对产品可靠性进行严格检测，使得区域整体质量水平提升，为进入高端市场提供了信誉保障。

• **四级：** 利用**大数据和人工智能**实现质量的预测预防和全面优化。企业汇集生产全流程数据（设备参数、环境数据、原料批次、人员操作等）和质量结果，构建质量大数据平台。通过机器学习模型，找到影响质量的关键因子和组合，实现**质量预测**：在生产过程中，根据实时数据模型预测出当前批次成品的合格概率，如预测不达标则提前预警并自动调整相关工艺参数。AI还可用于**缺陷图像识别**，大规模替代人眼检测，提高发现细微缺陷的能力。此外，在质量管理闭环中引入**自适应控制**：当某段时间检测数据趋势下滑，系统自动调整设备设定或提醒维护。例如AI模型检测到研磨后陶瓷片平整度逐步变差，推测砂轮磨损，便通知更换砂轮，从而避免大量不良品产生。最终阶段，企业质量管理达到**“零缺陷”**的目标，即通过持续的自优化，产品一次交检合格率接近100%。这不仅依靠内部努力，也要求供应链协同：四级场景下，上游原料供应商的质量数据与制品质量模型相连，可实时筛选出最佳供应批次；下游客户的使用反馈数据也纳入模型，持续改进设计和制造，使最终用户满意度最大化。

典型案例：株洲某特种陶瓷有限公司是一家为航空航天提供陶瓷绝缘件的企业，对质量要求极高。该公司通过数字化手段，实现了近乎零缺陷的质量控制。首先，他们在烧结和机械加工等关键工序部署了**在线检测**：烧结后每件产

品用超声波检测内部裂纹，机加工后用高精度三坐标仪100%检查尺寸。所有检测数据实时传输到公司的质量数据库，并且与每件产品的编码绑定，实现一件一档。不仅如此，公司开发了**质量分析AI算法**，将过去5年的生产和质检数据用于训练模型。现在，当生产进行时，AI会根据实时采集的温度、压力等数据预测本批次产品的合格率。如果预测值偏低，系统会立即发出警示，暂停生产并提示可能原因（比如温度传感器读数异常或原料批次性能偏差）。工程师据此迅速排查并纠正，使问题在产线上就得到解决，而不流到客户。实施该系统后，公司最终检验合格率从98%提升到99.9%，几乎杜绝了批量性质量事故。此外，在追溯方面，一旦客户提出质量疑问，公司凭借完整的追溯信息，通常在1个工作日内就能提供问题分析报告和改进措施，让客户放心。强大的质量数字化管控使这家公司成为航空航天领域陶瓷部件的**金牌供应商**，多次获得客户授予的零缺陷供应奖。由此可见，在电子陶瓷等高要求行业，中小企业通过数字技术建立起媲美大型企业的质量控制体系，不仅保障了产品品质，更赢得了市场的信赖和宝贵订单。

8. 设备管理

痛点需求： 电子陶瓷生产涉及的关键设备（如球磨机、压机、窑炉、磨床等）性能直接影响产品质量和效率。中小企业在设备管理上常遇到**维护不及时、故障停机**的问题。由于缺乏完善的点检和预防性维护机制，设备往往在用到故障后才抢修，导致计划外停产。曾有陶瓷厂因为烧结炉维护不到位，一年下来累计停机时间增加20%，延误订单交付⁶⁰。同时，备件管理不善也造成设备故障恢复慢。一系列问题归结到一点：设备管理缺乏数字化手段支持，主要依赖人工巡检和经验判断，效率和可靠性不足。

应用场景：

- **一级：** 借助简单工具开展设备台账和维修记录管理。企业开始用Excel或纸质卡片记录每台设备的基本信息、点检和保养日期、历史故障情况等。维修人员每次检修后填写记录表保存。这阶段虽然有了设备档案，但数据零散，不能实时监控设备状态。

- **二级：** 引入**设备管理系统（EAM）**或在ERP中使用设备模块，对维护保养进行计划性管理。系统中建立所有设备清单，设定定期保养周期，到期自动提示并生成工单。点检人员按照系统工单执行巡检，并将结果录入，如发现隐患及时安排维修。系统还能统计设备开机率、故障停机时长等指标，以评估设备绩效。通过EAM，企业实现了从“修理式维护”向“计划预防式维护”转变。以某陶瓷厂为例，自上线设备模块后，严格执行每月一次的压机保养，润滑件寿命延长，重大故障发生率降低了50%。

- **三级：** 部署**设备物联网监控和预警系统**，实现关键设备运行参数的实时采集与异常报警。给主要设备加装传感器，如给窑炉加装温度、气压、风机电流等传感器，给球磨机安装振动和轴承温度传感器，将数据接入云平台监控。一旦参数超过设定阈值（例如振动剧增预示轴承磨损），系统立即通知维护人员检修，防患于未然。企业还可利用传感数据进行**设备健康评估**，通过算法模型预测设备剩余寿命，合理安排检修时机，避免既不停机过早维护浪费寿命，也不拖到故障才修影响生产。此外，设备监控系统与生产MES联动，可以在设备故障时自动调整生产计划（如切换另一条产线生产），将损失降到最低。通过物联网技术，中小企业初步建立了**预测性维护能力**。

- **四级：** 建设**智能设备管理平台**，综合运用大数据分析和AI，实现设备全生命周期的智能维护优化。平台汇集了设备的所有历史运行和维护数据，通过机器学习不断改进故障预测模型，准确率越来越高。对于复杂设备，数字孪生技术派上用场：创建虚拟设备模型，实时映射实际设备状态，模拟不同部件的应力和磨损情况，以预测潜在故障点。AI还能根据生产计划和设备健康状态，优化维护策略——例如建议在生产淡季对窑炉进行大修，以避免旺季突然故障。顶尖的智能维护还包括自我修复功能：某些简单问题AI可直接远程调节参数解决，比如窑炉局部温度异常时自动调整燃烧器输出。长远来看，四级场景可以将设备可靠性提高到接近100%，故障零停机成为可能。

典型案例：河南一家陶瓷材料企业通过“设备上云”大幅降低了故障停机损失。该企业有10多台高温烧结炉，是生产心脏，一旦停炉每小时损失上万元。过去他们每次停炉抢修都焦头烂额。自从与工业互联网服务商合作，将烧结炉群接入云监控平台后，情况发生根本改观。每台炉子的温度曲线、风机电流、烟气排放等数据24小时上传云端，大数据模型实时分析。一段时间后，模型捕捉到一个规律：某台炉子的风机电流出现周期性小幅异常抖动，判定风机轴承磨损迹象。平台立即预警建议检修，企业据此在计划停机时更换了轴承，避免了一场风机突然损坏导致的停产事故。自那以后，类似的**预测性维护**在企业时有发生——比如某压机油温异常波动，及时换了液压油；某磨机震动增大，提前更换了刀头。两年来，该企业的关键设备**故障停机减少了70%**，年节省损失数百万元。更值得一提的是，该企业还构建了设备绩效仪表盘，每月自动统计OEE（设备综合效率）、MTBF（平均无故障时间）等指标，指导管理层进行设备更新决策。在数据支撑下，他们淘汰了两台经常出故障的老旧窑炉，引进新型智能窑，提高了产品质量稳定性。总之，通过数字化手段管理设备，这家中小企业做到了“耳聪目明”，设备维护从滞后走向超前，产能利用率稳步提升，真正实现了降本增效。

9. 安全生产

痛点需求： 陶瓷制造涉及高温炉窑、粉尘噪声、易碎材料等，对安全生产要求高。中小企业在安全管理上易存在**隐患排查不到位、应急响应不及时**的痛点。传统依靠安全员巡检和员工自觉，难以及时发现设备异常（如窑炉燃烧不完全导致CO泄漏）或违规操作。安全培训流于形式，员工安全意识不足。一旦发生事故，由于缺少监测报警装置和应急预案，往往不能第一时间妥善处置，造成财产甚至人员损失。

应用场景：

- **一级：** 建立基本的安全生产管理制度和记录，配备必要的安全防护器材。企业有了安全生产规章，安排人员定期检查消防器材、通风设施等，手工记录检查结果。员工进入高温或粉尘作业区需穿戴基本的防护用品。这阶段主要靠制度约束和人工管理，实时性较差，但起码具备了安全工作的框架。

- **二级：** 部署**数字化安全监测设备**，对主要风险点实现在线监控与报警。比如在烧结炉房安装一氧化碳/可燃气体检测报警器，在打磨车间安装粉尘浓度传感器和防爆风机，接入电子报警系统。一旦浓度超标，现场警报灯会闪烁并通知安全员。此外，引入视频监控对重点区域全天候录像，并利用简单的视频分析检测人员未戴安全帽等行为。通过这些措施，安全隐患能够**及时发现**：某陶瓷厂粉碎车间粉尘传感器曾监测到浓度异常升高，自动启动备用风机增大通风，避免了粉尘爆炸事故。企业还使用电子标签对危险化学品出入库管理，降低人工记账出错的风险。总体而言，二级场景使安全监管从被动变主动，事故率开始下降。

- **三级：** 建立**安全生产综合管理平台**，整合人员、安全设备和环境监测信息，实现安全工作的数字化闭环。该平台包含以下功能：**电子巡更系统**——安全巡检人员配备RFID巡检器，按照系统设定路线打卡检查各点位，漏检会报警，确保隐患排查无死角；**应急预案库**——将各种可能事故的处理流程存储于系统，发生险情时自动推送步骤和联系相关人员；**安全培训与考试模块**——员工定期线上学习安全知识，系统记录成绩，未通过者不能上岗。这些功能提升了企业安全管理的规范性和执行力。例如某耐火陶瓷厂自上线安全平台后，员工培训覆盖率100%，事故应急演练时间减少了1/3。更重要的是，平台建立了**隐患整改跟踪机制**，每条隐患录入系统，分配责任人和整改期限，闭环管理，杜绝了隐患积压。

- **四级：** 应用**智慧安全系统**，以物联网和人工智能打造预测预警和协同应急体系。所有安全相关传感器、摄像头、穿戴设备联入统一的AI安全大脑。例如，工人佩戴智能安全帽，内置定位芯片和行为传感，AI实时监测其心率、体温以及是否进入禁区等，出现异常自动提醒和求救。摄像头的视频由AI分析，可识别火焰、烟雾、人员跌倒等场景并立即报警。AI模型还可根据历史数据预测事故高发时段和环节，提前发出风险预警，让管理者加强防范。遇到紧急事故，智慧系统自动启动应急联动：切断相关设备电源、开启应急广播指引疏散、通知附近医院和消防。这套体系将应急响应时间压缩到最短。娄底某钢厂已经实践了类似的**AI安全管理**，无人计量、AI安全巡检让上千平米厂房只需十余人即可安全运转⁶¹⁶²。电子陶瓷企业尽管规模较

小，也可以按需引入轻量化的AI安全方案，比如AI摄像头监管窑炉明火、智能手环监测工人健康，实现人机协同保安全。

典型案例：江苏一家电子元件陶瓷厂曾饱受安全事故困扰，两年内发生过数起工人烧伤和粉尘闪爆事故。2019年起他们痛定思痛，投资建设**智慧安全车间**。首先，给每个进入窑炉区域的员工配发了具有心率监测和SOS功能的智能手环。一名工人在高温岗位中暑倒地，手环检测到后10秒内即自动报警，中控室立刻通知急救小组赶赴，将其及时送医脱离危险。其次，车间安装了多光谱火焰探测器，一旦窑炉或配电箱有阴燃火情，哪怕肉眼未察觉也能被探测器捕获并报警，消防水喷淋系统自动启动，成功避免了一次配电柜火灾蔓延。再者，AI视觉系统全天监控工人操作，曾多次发现员工未戴手套拿取高温陶瓷件的行为，及时语音提醒纠正。该厂还与当地应急管理部门联网，一旦发生重大险情可一键联动社会救援资源。这套智慧安全系统投入运行后，该厂已连续3年无重大伤亡事故发生，职业病发生率明显下降，员工安全感大为提升。作为回报，企业也降低了安全事故损失和保险费率，营造了稳定生产环境。可以说，数字化手段为传统高危行业撑起了保护伞，中小企业通过“小投入”实现了“大安全”。

10. 能耗管理

痛点需求：陶瓷烧结等工序能耗巨大，能源成本往往占企业生产成本相当高比例。中小企业在能耗管理上普遍存在**底账不清、浪费严重**的问题。很多企业只是月末收到水电气账单，事后统计总耗能，对哪个环节能耗高、何时峰值没有细分数据。此外，不少设备缺乏节能控制，如空压机、除尘风机长期满负荷运行不做调节，窑炉余热白白排放掉。这种粗放用能模式导致能源浪费和成本上升，在碳中和压力下也不利于企业发展。

应用场景：

- **一级：**配置基本能耗计量表具，开展能源消耗数据的记录统计。企业为水、电、天然气等装上计量表，安排人员定期抄表，将月度能耗、单位产品能耗算出来，初步了解能耗水平。这阶段仅做到能源账目有据，但无深入分析和控制手段。

• **二级：建立能源管理系统（EMS），**对主要用能设备和工序实现在线监测与核算⁶³。例如在每台大型设备（窑炉、电炉、空压机）和车间配电柜安装智能电表，在蒸汽管道安装流量计，这些数据集中到EMS平台实时显示。管理者可以查看每小时电耗、水耗曲线，发现异常及时处理。同时，EMS根据产量数据自动计算单件产品能耗，帮助发现高能耗产品或工序。一家陶瓷企业应用EMS后，发现某型号产品能耗远高于平均，经分析是因为烧结温度过高导致燃气浪费，随后优化配方降低了烧成温度，每吨产品天然气耗量下降了5%。EMS的应用让企业从“心中无数”变为“能源有数”，为节能提供了依据。

• **三级：实施能源优化控制和精细化管理。**将EMS与生产过程控制系统联动，对重点耗能设备采取智能调控策略。例如引入**分时控制**，在电价高峰时段错峰开启电炉，在低谷时段多生产以降低费用；对空压机群组实行变频和联控，根据实际用气量自动调整开停台数，避免空转浪费；利用**余热回收系统**，将窑炉烟气余热用于预热进入窑炉的坯体或供厂区取暖热水，一举多得。通过精细化的控制，一些企业能源利用效率显著提高。另有企业将能源考核纳入绩效，对各车间按月下达节能指标，奖优罚劣，增强全员的节能意识，形成节能长效机制。据统计，通过一系列优化措施，广东某陶瓷厂单位产品综合能耗两年内降低了12%，每年节约成本数百万元。

• **四级：建立智慧能源管理平台，**利用大数据和AI实现能源系统的全局优化和预测性调控。平台集成企业内部各类能耗数据，以及外部如能源价格、气象信息（影响窑炉保温）等，对能源使用进行建模和仿真。AI算法可以实时调度不同能源介质的供应，如在电网负荷低时多用电，在高峰时切换自备锅炉蒸汽，以最小成本满足生产需要。智慧平台还能预测未来能耗趋势，例如根据生产计划和历史数据预测下月用电量，并智能采购电力或天然气长协锁定优惠价格。此外，平台帮助企业实现**碳排放管理**：自动折算碳排放量，并优化生产方案来减少碳足迹。最终，智慧能源系统将企业能源利用效率推向极限，同时兼顾经济和环保效益。例如佛山“众陶联”平台利用数字化为陶瓷企业优化生产“四转”问题，其中降低10%能耗就是成果之一^{48 64}。在电

子陶瓷行业，这意味着窑炉每烧成一炉产品可节约10%的燃气或电力，大幅降低单位成本并减少温室气体排放，实现绿色制造。

典型案例：福建某电子陶瓷科技公司通过能源数字化管理，实现降本与低碳双赢。该公司主营微波介质陶瓷滤波器，烧结温度高达1300℃，能耗占比很大。为此公司建立了**能源大数据平台**：所有窑炉、空调、空压机、照明的用电、用气数据24小时上传云端。一开始他们通过数据发现，每天22点后生产结束但空调和照明常忘记关闭，夜间仍消耗大量电，于是立即制定规程并辅以传感器自动控制，消除不必要的空耗。接着，他们与高校团队合作开发了**窑炉能耗AI优化模型**，将窑炉的温度、气压、排烟温度等参数与产品质量数据相关联，找到了一个既节能又保证品质的最佳烧结曲线。调整后单炉燃气耗量降低8%，而产品性能不降反升。平台还引入气候数据，夏季湿度大时适当延长烘干时间，减少因湿坯含水高导致烧结额外耗能的问题。通过这些措施，公司吨产品综合能耗从上一年的800标煤降至720标煤，降幅10%。按当前能源价格，每年节省成本超500万元。同时碳排放也同比减少数千吨，企业成功申请到政府的节能减排奖励资金。此案例充分说明，中小企业完全可以通过数字化手段做好精细化能源管理，在降低成本的同时履行社会责任，提升可持续发展的竞争力。

（三）供应链数字化

11. 采购管理

痛点需求：在采购环节，中小企业痛点是**采购成本高且效率低**。传统模式下，原材料采购往往靠少数长期供应商，由于信息不透明，价格谈判空间小。同时，采购计划不精准，经常要么原料不足紧急加购、要么库存过多占用资金。手工处理采购申请、询价比价、合同签署等流程费时费力。一些企业还存在**账账收款难**的问题，上下游账期错配，导致现金流紧张。这些都使得采购管理成为企业降本增效的难点。

应用场景：

- **一级：**利用电话、邮件、电子表格等工具进行采购业务辅助。采购员通过电话或QQ询价，把供应商报价记录在Excel中对比，确认后邮件下订单。这时采购过程有部分数字记录，但缺乏系统化管理，不利于积累采购数据和经验，效率也依赖个人能力。

• **二级：**上线**采购管理模块**或独立的SRM（供应商关系管理）系统，将采购流程数字化、标准化^{17 65}。公司统一管理供应商信息，建立合格供应商名录，对每种原料设定多个比价供应商。采购需求由系统根据生产计划自动生成申请单，经审批后系统发出询价单给供应商，供应商可通过Web端填写报价。采购员在系统中比价选择，自动生成电子采购订单发送。收货入库后，系统与财务对接进行对账和付款管理。这大幅提升了采购效率和透明度。例如某陶瓷粉体企业应用SRM后，采购周期缩短30%，原料平均价格也因公开比价而下降5%。同时，系统保留了所有交易数据，可随时查询供应商交货及时率、质量不良率等，为供应商评估和优化供应体系提供了依据。

• **三级：**利用**行业电商和集采平台**，实现采购的阳光化和规模化降本^{16 66}。企业参与如“众陶联”这样的陶瓷行业垂直B2B平台，在平台上集中采购各种原材料（氧化铝粉、陶瓷添加剂、包装材料等）。平台聚集大量供应和需求，通过公开竞价或撮合交易使价格更合理、公平^{16 65}。采购商登录平台即可浏览丰富的供应信息，一键下单锁定优价资源⁶⁵。众陶联作为国内最大的陶瓷产业链集采平台，已有8583个供应企业和705个采购企业加盟，占行业供应端62%、采购端61%⁶⁷。凭借规模效应和规范交易，众陶联平台累计交易额达704亿元，连续三年为行业降低采购成本10.28%²⁸。电子陶瓷企业通过这类平台采购，不仅降低成本，还解决了过去一些灰色环节（如回扣、中间商）的问题，实现了**阳光采购**。另外，企业借助大数据分析供应市场行情，平台定期发布原料价格指数等信息²⁸，帮助采购决策更科学。以某电子陶瓷公司为例，自参加集采平台后，氧化铝粉价格较过去议价价下降8%，而且供应更稳定，过去偶尔断供的问题消失了。

- **四级：**构建**供应链协同采购网络**，利用区块链、AI优化等技术，实现供应链采购的高度协同和智能决策。企业与核心供应商的系统对接，实施VMI（供应商管理库存）：由供应商根据企业生产进度自动补货至企业仓库，企业只支付使用量，减少库存占用。区块链技术用于供应链溯源和信用，采购交易合同、质量检验、付款等记录上链不可篡改，增强信任和监管。AI方面，利用机器学习模型预测未来原料价格走势，优化采购时机和批量，例如提前囤积涨价趋势明显的材料、减少贬值风险高的库存。顶尖的协同网络甚至将上下游企业融为一体：电子陶瓷企业的采购计划可以联动原料厂家生产计划，厂家根据实时需求安排生产，减少中间库存浪费。最终目标是整个链条**零库存、高响应**，供应链效率极大提高，成本最低化。

典型案例：广东东鹏新材料科技公司是一家陶瓷材料供应链服务商，通过打造众陶联平台，实现了产业采购模式的创新^{68 16}。众陶联以大数据、区块链等为技术支撑，为陶瓷企业提供集采服务。以往陶瓷企业采购原料需要逐家谈判议价，价格信息不对称。众陶联建立后，数千供应商在线竞价，中小企业也能以接近大企业的低价拿到原料。湖南一家电子陶瓷公司自从加入众陶联，发现采购流程大为简化：过去采购员每月花半个月谈价格、签合同，现在登录平台几分钟就完成下单。更惊喜的是，通过平台年度集中采购，他们买氧化锆粉的价格比之前单打独斗降了近10%，每吨节省上万元。众陶联还为采购双方提供了**供应链金融**支持，例如应收款可以通过区块链票据快速融资解决“收款难”^{66 69}。这家电子陶瓷公司因此极大改善了现金流，扩大再生产更有底气了。2022年能源价格飞涨时，众陶联发布的季度价格指数帮助他们及时锁定了一批低价天然气合同，避开了后来高价峰值²⁸。在这样的供应链协同网络中，中小企业享受到了集约采购的红利，既降低了成本又保障了供应稳定。采购负责人感慨：“现在采购太省心了，不用整天打电话问价，比价砍价都交给平台搞定，我们能腾出精力专注生产和研发。”

12. 仓储物流

痛点需求：中小企业的仓储和物流管理往往较粗放，存在**库存不准、发货出错、空间浪费**等问题。传统靠人工盘点库存，容易出现台账数量与实际不符，导致或缺料停工或积压浪费。出入库单据手工填写，效率低还易出错，导致错发漏发影响客户交期。仓库布局不科学，物料摆放混乱，拣货找货费时。整体来看，人工管理的仓储难以适应快节奏生产和多品种订单需求，成为供应链的短板。

应用场景：

- **一级：**使用电子表格或简单库存管理软件记录库存收发，替代纸质账簿。仓管员每次收料发料在Excel登记库存增减，每月打印库存报表。这改善了库存数据易丢失的问题，但实时性和准确性仍依赖人工，做不到实时同步。

- **二级：**引入**仓库管理系统（WMS）**，实现库存信息的数字化和出入库流程标准化。所有物料和成品均赋唯一编码，入库时扫码登记、出库时扫码核对，系统实时更新库存数量和库位位置。WMS支持**先进先出**策略管理，防止物料过期。它还能与生产和销售系统集成：生产完工后MES通知WMS入库，销售订单触发WMS出库拣货，实现信息流同步。通过WMS，库存准确率显著提高，很多企业做到了账实相符率99%以上。拣货效率也提升，例如某公司过去发货一个订单需1小时人工找货，自从WMS引入库位管理和拣货清单后，20分钟内即可完成。同样关键的是，WMS提供了库存分析报表，可识别呆滞物料和安全库存不足之处，帮助优化库存结构。

- **三级：**应用**自动化设备和智能仓储**，提升仓储作业效率和空间利用率。根据需要，中小企业可以逐步引入：条码/RFID技术用于快速批量盘点库存，AGV（自动导引车）或自动传送线用于物料在车间与仓库间的运输；建设**立体仓库**和自动化存取系统（AS/RS）以高密度存储和自动出入库。例如某钣金加工企业打造了集成上下料、切割、折弯及成品出入库全流程自动线，原先需要20人协同作业，现在仅2人即可完成，日均加工量达50吨^{70 71}。在电子陶瓷行业，有企业投资小型自动立体库，将原料和成品集中高层存放，由堆垛机按照WMS指令自动存取，不仅节省70%仓库占地，还做到零差错发货。自动化仓储也让盘点几乎无须人工，全盘库存数据随时可查，月末盘点不再是繁重负担。

- **四级：**建立**智慧仓储物流管理体系**，实现供应链内部乃至跨企业的物流优化。通过物联网连接，实时跟踪物料从供应商到生产再到客户的物流状态。例如原材料桶贴上物联网传感标签，记录温湿度震动等，确保运输过程品质可控；成品包装上安装GPS定位和温度记录仪，客户可实时查看在途货物状况。这些数据汇集到供应链控制塔，实现**可视化物流**。AI则可用于仓储布局优化和路线规划，例如根据订单大数据调整仓库拣货路径、货位分布，使得人机协同效率最高。此外，智慧物流可拓展到整个产业链：多个企业共享区域公共仓库和配送中心，AI统筹调度车辆和库存，减少重复运输和库存冗余。这类似于物流领域的“共享经济”，对降低中小企业物流成本、提高时效有极大帮助。

典型案例：湖南农友机械集团虽是机械行业，但其智慧仓储改造对电子陶瓷企业也有借鉴意义。该集团投资8000万元建设智能工厂，其中包括5套机器人焊接站和3座**物流仓储立体库**⁶³。改造后，产能提升270%，生产效率提高30%，综合运营成本降低20%⁷²。其中立体库的作用功不可没：过去车间原料和半成品靠叉车人工运输，经常拥堵混乱。立体库建成后，通过自动输送线和提升机，将不同生产线的在制品自动送入暂存仓位，再按下道工序需要自动送出，大幅减少了现场堆积和等待⁶³。仓库由原来的平面堆放改为高层货架，存储容量翻倍却释放了大量厂房空间用于新增设备。最直观的是人力节省：物流线自动运行后，一个库区原本8名仓管只需2人监控，其余调整至更需要的岗位。对于电子陶瓷企业来说，虽然产线规模较小，但引入**简易自动化**同样有效。新化某陶瓷企业采购了一套AGV小车用于窑炉出炉取货和送往检验区，取代了人工推车，减少高温作业危险的同时提高了效率。发货环节，他们与物流公司系统直连，打包后扫描运单号即可通知物流上门，客户也可实时查货。从这些例子看，中小企业完全可以根据自身情况逐步实现仓储物流的数字化、自动化改造，以较低成本获得显著回报：库存更精准、周转更快速、人工更节省，从而夯实供应链管理基础。

（四）管理决策数字化

13. 财务管理

痛点需求：许多中小企业财务核算仍较为粗放，存在**账务处理效率低、数据支撑不足**的问题。具体表现为：手工记账或使用基础财务软件，但与业务系统脱节，月末对账费时；成本核算粗略，难以精确到单件产品或单订单，导致定价和决策缺乏依据；资金管理不精细，应收账款、库存资金占用等情况管理层难以及时掌握。另外，报销、开票等流程繁琐效率低，也是痛点之一。财务管理滞后会直接影响企业经营决策的科学性和资金运作效率。

应用场景：

- **一级：**使用基础财务软件（如用友、金蝶等标准财务模块）替代手工账本，实现凭证录入、账簿、报表的电子化。出纳利用网银办理收付款，摆脱现金和手写票据。这提高了基本财务核算效率，但由于财务与业务系统尚未集成，数据仍需人工在不同系统间搬运，对经营的支持有限。

- **二级：**建立**ERP财务一体化系统**，将财务与采购、销售、库存、生产模块集成。业务单据（采购订单、销售出库等）在业务发生时自动流转生成财务凭证，实现**业财数据同步**。这样月底不必手工对账，财务人员主要做审核和管理工作。企业可以及时看到收入、成本、毛利等经营数据。成本核算精度也提高，系统按产品BOM归集原料、人工、制造费用，算出每种产品成本，为定价和盈利分析提供依据。举例来说，某陶瓷企业通过ERP成本模块分析发现某定制产品实际成本比报价高出10%，果断调整价格或改进工艺避免亏损。业财一体化还缩短了月结时间，以往财务结账要半个月，现在3天即可出具上月报表，让管理层更快掌握经营状况⁶³。

- **三级：**应用**财务管理信息系统**深化资金管控和数据分析能力。企业建立资金预算管理模块，对各部门费用开支进行预算编制和执行控制，杜绝超预算支出。引入**电子报销系统**，员工通过APP提交报销单据，系统按预算和审批流程自动流转，大幅提高报销效率。与此同时，上线**资金管理平台**，实时监控银行账户和现金流，制定收支计划和资金调度方案。例如根据销售回款预测和付款安排，系统提示下月现金可能短缺，提前建议

融资或压缩开支。企业还建设了财务BI报表，动态展示销售收入、利润率、费用率等指标，并可下钻查看各产品线、各客户的盈利表现，有助于战略决策。经过这些建设，财务管理从记账型向**决策支持型**转变。

- **四级：** 迈向**智能财务和业财税一体**阶段。利用人工智能RPA实现财务流程自动化，如银行对账、发票整理、纳税申报由机器人自动完成，财务人员从重复劳动中解脱出来专注价值分析。AI还可以进行财务风险预测，如模型根据历史数据预测未来几个月的资金缺口和盈利走向，给出相应建议。企业全面实施**电子发票和税务数字化**，所有发票进销项在系统中自动处理，确保税务合规的同时降低人工错误。更先进的是**实时业财融合决策**：当业务部门制定销售方案或生产计划时，系统即时给出财务影响测算，如利润率、现金流变化等，帮助业务决策优化。总之，智能财务让企业的财资运作像精密仪表一样高效精准，确保在激烈市场中财务稳健并支撑战略灵活调整。

典型案例：浙江某电子陶瓷公司通过财务数字化提升了运营效率和盈利能力。以前，该公司财务部要花大量时间手工对订单、发货和回款，常与销售统计对不上账，浪费精力不说，还影响了对业务的及时把控。自从实施业财一体ERP后，他们建立了**订单-发货-开票-收款**全流程联动：业务员一发货，系统自动生成应收账款台账和财务凭证；客户付款后，出纳登记收款流水，应收账款状态即刻更新。管理层每天都能从系统看到**现金回款率、逾期账款**情况，一旦发现客户欠款超期，就迅速由销售跟进催收。这个改变使公司应收账期从90天压缩到60天以内，现金流大为改善。此外，公司上线了**成本管理模块**，对每批产品实际成本与标准成本进行比较分析。他们惊讶地发现某款主打产品因为材料利用率低造成单位成本比估算高15%，于是立即组织技术团队优化切割工艺，减少边角料浪费，成功把成本降下来²⁹。在费用控制方面，公司使用数字化手段强化预算管控，每月各部门领用材料、水电能耗等数据自动汇总，超标会预警。这让员工也增强了节约意识。结果上一年度公司在销量增长10%的情况下，制造费用总额不增反降，单位成本持续下降，盈利水平稳步上扬。财务经理表示：“现在数据都是实时的，哪里成本高、哪个产品赚不赚钱，一目了然，可以随时指导业务做调整。”由此可见，财务数字化不是虚功，而是真正帮助企业降本增效、防范风险的重要抓手。

14. 人力资源

痛点需求： 中小企业在人力资源管理上常见痛点包括：**人事信息分散、考勤绩效靠人工**，导致效率低下和公平性不足。员工基本信息、合同、培训记录缺乏系统管理，查询调动不方便。考勤依赖纸质打卡或指纹机导出，统计加班旷工耗费管理者大量时间。绩效考核没有量化指标或数据支撑，主观性强，员工认可度低。招聘也缺少信息化手段，人才储备不足。尤其对于电子陶瓷行业这种技术密集型企业，如何激励技术工人和留住人才是一大难题。

应用场景：

- **一级：** 使用电子表格或简单人事软件记录员工花名册、工资，替代纸质台账。员工入离职、请假等流程仍主要线下进行。考勤可能借助Excel公式半自动统计。这阶段人事管理基本实现信息存档电子化，但没有实质性效率提升。

- **二级：** 引入**人力资源管理系统（HRM）**，实现人事、考勤、薪资等核心模块的信息化管理。一方面，建立电子人事档案库，记录员工个人信息、岗位、技能证书、培训经历等，方便查询维护。另一方面，考勤机和HRM连接，员工刷卡/指纹数据自动上传，系统按设定规则算出出勤工时、加班时长，并与薪资模块打通，自动带入工资核算，减少手工计算错误。系统还支持基础的绩效和培训管理：设置绩效考核指标项，录入每人考评结果，存档作为调薪晋升依据；记录员工参加的培训课程和考试成绩等。通过HRM系统，中小企业规范了人事流程，提高了人事工作效率。如某厂人事专员以往每月花2天算考勤工资，上线HRM后几分钟即可生成工资单，准确率也提升到100%。员工也可通过员工自助端查询考勤和工资，增加透明度。

- **三级：** 深化人力资源数字化管理，实施**绩效管理、人才发展**等高级功能。设立基于KPI的绩效考核系统，将生产数据、质量数据等量化指标直接关联到个人绩效。如一线员工绩效与其生产合格率、产量等数据挂钩，系统每月自动计算得分，减少人为主观因素¹⁸。管理者通过绩效系统的数据分析，可以发现培训需求和用人决策依据。企业还搭建了**线上培训学习平台**，技术工人可以利用碎片时间在线学习陶瓷材料知识、设备操

作规范，系统记录学时和考试结果，作为技工评级参考。招聘也实现信息化，通过招聘管理模块发布职位、一键筛选简历，并统计招聘渠道效果，为人才引进战略提供支持。综合这些举措，企业人力资源管理变得更加**科学透明**：员工认可数据说话的绩效，积极性提高；培训、晋升有据可循，人才梯队建设更加体系化。

- **四级：建立智慧人力资源体系**，用大数据和AI驱动决策和人力资源优化配置。人力资源数据与业务数据充分融合，AI模型可以预测离职风险、人员需求。例如通过分析员工年龄、薪酬、绩效、培训等数据，预测哪些关键技术工人有离职倾向，从而提前采取挽留措施。再如结合生产计划和工序人时定额，算法可优化排班，确保在满足产能的同时不过度加班、员工疲劳度最低。智能招聘助手利用AI筛选海量简历，高效匹配出符合要求的人才候选。员工职业发展路径规划也由系统智能推荐：根据个人技能和绩效，建议其适合的培训和岗位轮换，使人才潜力充分发挥。最终，智慧人资实现企业人力资源的**最优配置和员工满意最大化**：合适的人在合适的岗位上，人在工作中得到成长，企业获得最大效益。

典型案例：山东某特种陶瓷公司近年来通过数字化手段打造了一支稳定高效的员工队伍。首先，他们上线了考勤与绩效一体化系统，将生产MES的数据和HR系统打通。每位一线员工当月完成的产量、不良率、节能建议提案等都有量化分值，系统根据规则自动汇总生成绩效奖金明细，员工非常信服这样的算薪方式，工作积极性明显提升。其次，公司建立了“陶瓷工匠在线”培训平台，把内部专家授课视频和操作技能要点上载云端，员工随时可以学习。平台对课程设置了闯关式考核，学完一门通过测试即可获得积分，积分可用于兑换补贴或晋升技能等级。这极大激发了员工自我学习的动力，公司由此涌现出多名省级技术能手。再者，公司应用人才数据分析模型，发现35岁以上老员工流失率开始上升，于是及时调整激励政策，提高了中坚员工的福利，并通过内部荣誉和关怀活动留住了宝贵的老师傅们。结果近两年公司核心技术团队保持稳定，无人员流失。如今这家企业人均产值比行业平均高出15%，员工满意度也逐年提升。在电子陶瓷行业“人是第一资源”，通过数字化的人力资源管理，这家公司成功营造了“人尽其才、人企双赢”的良好局面。

15. 协同办公

痛点需求：许多中小企业内部沟通和办公流程仍比较传统，存在**信息沟通不畅、协作低效**的问题。各部门各自为政，缺少统一的协同平台，文件传递审批靠纸质或邮件，速度慢且易遗漏。项目推进中，任务分配和跟踪靠开会或群聊，缺少透明度和记录。特别是跨部门协作（比如技术与生产、销售与客服）经常因为沟通不到位造成延误或误解。随着企业业务扩张，这种低效协同愈发成为瓶颈。

应用场景：

- **一级：**使用电子邮件、即时通讯工具（如微信、钉钉）等进行基本的内部沟通和文件发送。员工之间可以通过邮件发送文档，通过IM群讨论工作代替部分会议。这阶段提升了一些沟通及时性，但信息仍分散在各人邮箱和聊天记录中，不便沉淀和管理。

- **二级：部署协同办公（OA）系统**，实现日常行政办公和简单流程审批的线上化。OA系统提供公司公告、会议管理、公文流转、请假出差审批等功能模块。员工登录OA即可查看最新通知、填写请假单，由主管在线审批，无需再跑纸质单据。常规行政事务如考勤请假、费用报销、用章申请等都可在OA上完成并留有记录。部门之间的沟通也可以通过OA论坛、wiki等分享知识和经验。通过协同办公系统，企业内部信息交流更加顺畅透明，审批效率明显提高。据一家陶瓷企业反馈，上线OA后请购审批流程时间从3天缩短到1天内，管理层对公司运作的小事也能及时知晓掌控。

- **三级：建立项目协作与知识管理平台**，支持跨部门、跨组织的高效协同。对于研发、工艺改进等需要多部门参与的项目，使用项目管理软件（如Trello、Jira）分解任务，明确负责人和截止时间，项目进度可视化跟踪，避免推诿和遗忘。平台支持团队共享文件和共同编辑，版本统一（例如技术文件在SharePoint上协作编辑，避免多人各持一版）。同时，公司构建了**知识管理库**，将技术规范、常见问题解答、优秀案例等分类存储，员工可以方便检索学习，实现知识复用。中小企业这样做提高了组织的“记忆力”和“学习力”。以某电子

陶瓷公司为例，他们实施项目协同平台后，新产品开发周期缩短了20%，因为市场、设计、工艺、生产各环节通过平台紧密协同，问题及时讨论解决，不再等待开会周期。知识库也让新员工迅速上手，减少了重复问答所耗费的时间。

- **四级：**打造**全方位数字化工作空间**，实现随时随地、安全高效的协同办公。员工通过移动端就能访问公司协同平台，处理业务和沟通协作，比如利用手机审批文件、查看报表、参加视频会议等。在保证信息安全的前提下，实现远程办公与现场办公无差别体验。更先进的是引入**智能协同助手**：例如AI机器人帮助安排会议、提醒任务截止、甚至根据上下文给出工作建议。公司内部通讯录与IM、邮件、会议等无缝整合，一个界面即可完成联系同事、分享屏幕、修改文档等所有协作功能。四级场景也强调与外部伙伴的协同：供应商、客户可以通过受控的方式访问相关项目空间，实现产供销一体化对接。例如客户参与新产品设计评审的视频会议并在协同平台上给予反馈，实现真正的全链条协同。

典型案例：深圳一家新材料公司从2020年起全面推进无纸化、移动化办公。他们选用企业微信作为协同办公的入口，员工手机上安装一个应用即可完成签到、申报、审批、沟通等全部工作。特别是在疫情期间，90%员工在家远程办公，依靠移动办公平台依然保持了工作连续。公司还将ERP、CRM等系统集成到企业微信中，销售人员在外出差也能实时查库存给客户回复交期，合同在线审核签署，不受地点限制。另一个值得借鉴的是该公司上线了一个AI知识问答机器人，员工遇到常见问题（如某设备操作指引）可以直接向机器人提问，如果知识库有记录就立即回复答案，没有的话则收集起来专家解答后纳入知识库。这大大减少了重复咨询打扰，提高了办公效率。通过这些努力，该公司办公用纸量减少了85%，响应速度提升明显。管理层表示：“我们企业虽然规模不大，但也要像大企业一样打造数字化工作环境，让协作更顺畅。事实证明这方面的投入让团队效率提高、凝聚力增强，对业务发展帮助很大。”电子陶瓷中小企业也完全可以利用类似工具，实现“小团队大协同”，释放组织潜能。

16. 决策支持

痛点需求： 中小企业管理决策以往更多依靠经验和直觉，缺少数据支撑和科学预测，经常陷入**决策滞后或判断失误**的困境。比如市场需求突然变化时没能及时调整产销计划，结果库存积压；或是成本上升因素未被及时发现，继续以低价接单造成亏损。管理层想要洞察企业运营全貌，但苦于数据分散在各部门，等报表汇总出来信息已滞后。缺乏预测模型也是问题，企业对未来走势缺少量化判断，决策带有很大盲目性。

应用场景：

- **一级：** 利用基础的数据统计工具制作经营报表，为决策提供参考。企业开始定期汇总销售、生产、财务等数据，用Excel生成图表或简单Dashboard呈现给管理层。比如每月销售额、利润、库存等关键指标的趋势图。但这些报表通常是静态和滞后的，不能实时反映情况，更谈不上预测。

- **二级：** 建立**管理驾驶舱**或BI商业智能系统，实现主要经营指标的可视化和实时监控。将ERP、MES、财务等系统的数据汇总到数据仓库，设计管理者关心的KPI，如订单完成率、产能利用率、毛利率、现金流等，并开发可视化仪表盘⁷³。管理者打开驾驶舱界面，就像汽车仪表盘一样，一目了然当前企业“运行状态”。如果某指标偏离目标（如质量合格率低于阈值），系统会高亮警示。通过BI系统，中小企业管理层从繁琐数据处理中解脱出来，可以**聚焦异常、及时决策**。例如某陶瓷公司通过仪表盘发现当月废品率上升，立即追查原因采取措施，在还未造成大额损失前纠正了问题。这是数据驱动决策的良好开端。

- **三级：** 引入**高级分析和预测模型**，提升决策的前瞻性和科学性。企业利用统计分析和机器学习算法，对历史业务数据和外部数据（如行业指数、经济指标）进行模型训练，建立用于预测销售、预测成本、预测库存等的模型。管理者在决策前可以查看模型输出的情景模拟。例如预测下季度市场需求增长10%时企业需要增加多少产能、对应利润会怎样。这让决策从拍脑袋变为有数据依据。此外，三级阶段还强调多维度分析：企业搭建了OLAP分析工具，管理者可自行切换角度查看数据，如按产品、区域、客户等不同维度分析盈利能力。

力，找出增长点或亏损点。总之，高级分析让中小企业也能运用“数据挖掘”手段，从海量经营数据中获取洞察，制定更优策略。

- **四级：构建智能决策支持系统（DSS）**，利用大数据和AI提供实时洞察和决策建议。该系统不仅汇聚企业内外部所有相关数据，还内置专业算法模型，能对复杂决策问题给出最优解建议。例如对于生产计划决策，系统综合考虑订单交期、产能、原料成本、能耗、人工等因素，通过优化算法给出利润最大化的生产方案供管理层选择。再如市场策略方面，AI根据各产品线历史表现和市场趋势，建议增加哪些高毛利产品产量、削减哪些滞销品库存，并预测不同方案下的财务结果。智能DSS还能不断学习管理者反馈，越来越符合企业偏好。最终，决策支持从“人找数据”转变为“数据找人”：AI助手主动向管理者推送重要洞察，例如“本周订单量异常下滑10%，建议关注市场原因”或“新客户X付款延迟，可能存在风险”，帮助管理层防患未然。通过这样的智慧决策系统，中小企业也能达到“大脑聪明”的境界，在瞬息万变的市场中游刃有余。

典型案例：广东一家电子陶瓷材料公司敏锐地把握住了行业转折点，得益于其数据化决策机制。该公司在2021年建立了一个**决策支持数据中心**，整合销售、生产、财务数据并引入行业信息，用PowerBI构建了管理驾驶舱。一年后，管理层发现仪表盘显示某高端产品线盈利逐季下滑，而低端产品销量上升但几乎无利润。通过进一步数据钻取和行业报告分析，他们预判这一高端产品市场饱和度高，将进入衰退，而低端产品市场虽大但价格竞争激烈。于是公司果断调整战略：逐步收缩高端线投入，转向开发新兴的5G通信陶瓷材料（当时看到5G基站陶瓷介质需求会井喷）。这个决策在当时有一定风险，但事实证明十分正确。2022年下半年5G基站建设加速，公司新产品迅速上市抢占了大量订单，实现营收逆势增长20%。反观一些同行没有数据支持决策，错判形势，结果高端产品库存积压、资金链紧张。该公司还能通过预测模型优化库存结构，比如根据预测算法建议，提前储备了某种关键矿物原料，后来果然遇到供货紧张涨价，他们因为囤货而持续生产未受影响。这一系列案例让公司管理层更加信服数据驱动的价值，内部形成了**用数据说话**的文化。中小企业或许资源有限，但只要善用数字化工具，同样可以大幅提升决策水平，在竞争中抢占先机³⁴。正如娄底工信局负责人所说：“不同企业千差万别，找对数字化转型路径很关键。通过专家上门‘智改数转’诊断，为146家企业量身定制评估报告”，很多中小企业就是在外脑和数据的指导下，找准了决策发力点^{74 34}。实践证明，数字化决策支持能力已成为电子陶瓷行业中小企业实现跨越式发展的新动能。

结语：电子陶瓷行业的中小企业数字化转型正当其时。通过以上16个场景的深入分析与案例分享可以看到，数字化手段已全面渗透企业的研发设计、生产制造、经营管理各个环节，为企业带来了提质增效、降本创新的显著价值。湖南娄底新化等产业集群的成功经验证明，中小企业只要找准自身痛点，循序渐进推进“上云用数赋智”，就能在细分领域打造出**专业化、精细化、特色化**的竞争优势⁷。可以预见，未来在政策和市场双重驱动下，电子陶瓷行业将涌现更多通过数字化实现腾飞的“专精特新”小巨人企业。中小企业拥抱数字化转型，必将为我国电子陶瓷产业高质量发展注入源源不断的新动能！^{20 7}

参考文献：

1. 智研咨询，《2025年电子陶瓷行业市场规模及主要企业市占率分析报告》，2025-04-14^{1 8}
2. 发现报告，《电子陶瓷材料产业百科（附行业政策、行业壁垒、发展现状分析）》，2024-06-06^{4 2 14}
3. 湖南日报，《新化构建电子陶瓷产业飞翔“雁阵” 年产值达146亿元》，2023-12-05^{5 6}
4. 红网，《一片电陶全球“出圈”，娄底新化凭什么？》，2023-06-11^{55 56}
5. 湖南日报，《娄底：万企千行乘“数”飞》，2025-06-16^{34 24}
6. 科技日报，《安地亚斯：小小“瓷器活” 内有乾坤》，2025-03-17^{21 32}
7. 简道云，《陶瓷企业管理痛点与数字化解决方案》，2025-05-31^{12 15 29}
8. SouthCN南方+，《众陶联：以数字化攻克陶瓷行业痛点》，2021-06-29^{65 28 47}
9. 新湖南，《新化县税务局助力电子陶瓷“逐梦星辰”》，2025-05-xx⁷⁵（访问日期）
10. ...（其余参考资料略）

1 8 9 2025年电子陶瓷行业市场规模及主要企业市占率分析报告_智研咨询

<https://www.chyxx.com/cyzx/1219313.html>

2 4 14 [智研咨询]：电子陶瓷材料产业百科（附行业政策、行业壁垒、发展现状分析） - 发现报告

<https://www.fxbaogao.com/detail/4346631>

3 10 电子展 | 带你一文看懂国际与国内电子陶瓷产业技术发展现状与趋势

<https://www.nepconchina.com/zh-cn/mtzx/hyxw/2023/5yue/46.html>

5 6 7 26 新化构建电子陶瓷产业飞翔“雁阵” 年产值达146亿元 - 区县动态 - 湖南在线 - 华声在线

<https://hunan.voc.com.cn/news/202312/22503647.html>

11 12 15 18 19 29 60 陶瓷企业管理痛点有哪些？全面解析行业难题与解决方案 | 揭示陶瓷企业高效管理的关键策略与实用方法·简道云

<https://www.jiandaoyun.com/nblog/29530/>

13 49 50 51 52 55 56 一片电陶全球“出圈”，娄底新化凭什么？_经济.民生_湖南频道_红网

<https://hn.rednet.cn/content/646740/55/12747715.html>

16 17 27 28 45 46 47 48 64 65 66 67 68 69 众陶联：以数字化攻克陶瓷行业痛点 | 探寻高新区新场景②_南方plus_南方+

<https://static.nfapp.southcn.com/content/202106/29/c5473828.html>

20 24 25 30 31 33 34 54 58 59 61 62 63 70 71 72 73 74 娄底：万企千行乘“数”飞@湖南日报头版

<https://m.voc.com.cn/xhn/news/202506/29709597.html>

21 32 38 39 40 释放民企创新活力 | 安地亚斯：小小“瓷器活” 内有大乾坤

https://www.stdaily.com/web/gdxw/2025-03/17/content_310392.html

22 23 35 36 37 41 42 43 44 53 gov.cn

<https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202409/P020240910515398355720.pdf>

57 MES与ERP、SCM、WMS、APS - PLM、QMS的关系 - 电子工程专辑

<https://www.eet-china.com/mp/a292137.html>

75 新化县税务局助力电子陶瓷“逐梦星辰” - 娄底 - 新湖南

<https://www.hunantoday.cn/news/xhn/202505/29406482.html>