

电子陶瓷行业中小企业数字化转型场景实施指南

引言

电子陶瓷是电子信息产业的重要基础，广泛应用于通讯、消费电子、新能源等领域，其性能直接关系到通信信号传输质量等关键指标^①。然而，电子陶瓷制造过程复杂，涉及精密的粉体配方、烧结工艺和严格的质量管控，中小企业在数字化转型中面临独特挑战。当前我国中小企业数字化转型仍处于初级阶段，不少企业存在“不愿转、不敢转、不会转”的困境，原因包括投入成本高、人才和技术不足等^②。国家高度重视中小企业数字化发展，将其视为专精特新发展的关键路径，并出台多项支持政策。例如，《中小企业数字化赋能专项行动方案（2025—2027年）》提出，到2027年专精特新中小企业应实现数字化改造“应改尽改”，打造一批数字化标杆企业^③。在政策引导和市场需求双重驱动下，电子陶瓷行业中小企业有必要结合自身行业特性，制定务实的数字化转型实施方案，以提升竞争力、降低成本、提高质量和效率，实现高质量发展。

本指南围绕电子陶瓷行业15个典型业务场景，分析当前应用现状与痛点，提出适合中小企业的数字化转型策略，推荐相关技术解决方案和实施要点，并引用行业案例和政策指引供参考。所有方案紧扣电子陶瓷行业特点，如产品批次精细管理、陶瓷配方工艺控制、烧结窑炉能耗监测、品质检测不良率降低等，旨在为电子陶瓷领域的中小企业提供可操作的数字化转型路径。

决策支持

现状与痛点：电子陶瓷中小企业在经营决策上往往缺乏数据支撑，管理层决策主要依赖经验，信息孤岛现象突出。生产、销售、财务等数据分散，难以及时汇总分析，导致对市场需求变化、生产效率和成本构成缺乏清晰洞察。特别是在产品品种多、批次多的电子陶瓷行业，中小企业管理者常感到难以及时掌握各批次生产绩效和质量状况，决策支持体系相对薄弱。决策缓慢或失误可能造成库存积压、错过市场机遇或质量问题未能提前预警。

转型策略：中小企业应从**数据驱动决策**的理念出发，逐步建设企业级数据分析与决策支持平台。首先，要打通各业务系统的数据，实现生产、质量、销售、财务等核心数据集成，为决策提供可靠基础数据。其次，引入商业智能（BI）或工业大数据分析工具，建立企业“数字驾驶舱”，实时呈现关键绩效指标（KPI）。通过在中控室或管理层电脑上设置可视化仪表盘，动态展示生产进度、设备状态、能耗和质量等全貌，实现对经营状况的“一目了然”监控^④。此外，结合电子陶瓷行业特点，可开发定制化决策支持模型，例如根据历史订单和市场趋势预测产品需求、根据工艺与质量数据分析良品率走向，从而为产能规划和研发方向提供依据。

技术方案与实施要点：实施决策支持场景需要**数据中台和BI系统**的配合。可采用数据中台技术整合ERP、MES、CRM等系统的数据，建立统一的数据仓库。然后选用适合中小企业的BI软件或管理驾驶舱系统，对数据进行清洗、分析与可视化。例如，一些企业通过“企业驾驶舱”实时监控生产和经营数据，实现了产量、良品率、能耗等指标的透明化管理^⑤。实施要点包括：确保基础数据的准确性与及时采集，定义关键指标和预警规则（如不良率超标警报）；分阶段完善分析模型，先实现历史报表统计，再逐步增加预测和模拟决策功能。对于预算有限的中小企业，可以利用云端SaaS的数据分析服务，以较低成本实现决策支持功能。培训管理人员掌握数据分析基本技能也是关键，使决策由“经验驱动”转向“数据驱动”。

行业案例与政策指引：广东某陶瓷企业构建了大数据中心，在中央大屏动态展示生产全流程数据，实现各环节工艺参数、实时电耗、空窑率、产量和质量状况的透明化⁶。此举显著提高了管理决策效率，生产异常响应速度加快20%。政策层面，工信部等主管部门在中小企业数字化转型试点中强调，要围绕企业需求深度改造研发、生产等关键环节，通过数据采集和系统互通提升企业决策能力²⁷。这表明建立数据驱动的决策支持体系已成为政府倡导的中小企业转型重点方向之一。中小企业可参考国家试点企业的做法，“看样学样”构建自己的数字决策支持平台，以增强市场竞争力。

协同办公

现状与痛点：电子陶瓷行业的中小企业内部协同办公水平相对滞后。许多企业仍依赖纸质文件、电话和邮件沟通，信息在研发、生产、销售等部门之间传递效率低，容易出现沟通不畅和版本混乱。例如，新产品工艺变更信息未能及时传达到生产线，导致按旧工艺生产而产生报废；又如跨部门协同处理客户订单变更时，由于缺乏统一平台，重复沟通和延误时有发生。此外，传统办公模式下，知识文档散落各处，技术人员的经验和工艺知识缺乏沉淀，新员工培训和经验传承困难。这些痛点使中小企业难以及时响应市场变化和内部协同需求，影响运营效率。

转型策略：推动协同办公数字化，建设统一的企业内部协同平台。针对电子陶瓷企业经常需要跨部门协作（如研发与生产对接工艺数据、质量与销售沟通客户反馈）的特点，引入**办公自动化（OA）系统或企业协同平台**将有效提升沟通效率。在中国，中小企业可利用成熟的协同办公产品（如钉钉、企业微信、飞书等）建立**集成的沟通和文档平台**。策略上可分步实施：先实现基本的即时通讯和公告发布，使车间、办公室人员都能通过移动App实时联系、反馈问题；再逐步上线流程审批、文档管理、知识库等功能模块，将日常行政、人事、采购等审批流程电子化，加快响应速度。鼓励员工将生产工艺诀窍、常见问题解决方案等上传知识库，形成企业自己的“经验数据库”，缓解经验流失问题。通过协同平台，还可以实现远程会议和异地协作，这对于拥有多生产基地或需要与客户、供应商线上协同的电子陶瓷企业尤为重要。

技术方案与实施要点：推荐采用**云端协同办公套件**，结合企业实际定制。比如，使用企业微信或钉钉的中小企业版，可以低成本获得消息通讯、视频会议、云文档、任务管理等功能。一些企业选择部署OA系统，实现内部流程数字化管控。实施时应重点关注：一是**权限管理**，确保不同岗位员工在协同平台上只能访问与其职责相关的信息；二是**系统集成**，协同办公平台可与生产管理、ERP等系统对接，如生产异常在协同平台自动通知相关负责人，形成事件闭环处理；三是**移动应用**，确保一线车间主管和业务人员通过手机端也能高效使用协同工具。培训员工转变观念、适应线上协作方式也很重要。实施初期可以选取“通知公告电子化”“请示审批无纸化”等切入点，快速体现效果，增强员工接受度。

行业案例与政策指引：许多制造业“小巨人”企业已借助协同平台实现精益管理。如湖南一家电子陶瓷企业通过部署钉钉平台，将生产日报、质量通报等全部线上化，沟通效率显著提升，并构建了共享的工艺知识库供工程师查询。政府方面，“专精特新”中小企业培育政策鼓励企业加强信息化建设，提升管理水平。在国家中小企业数字化转型城市试点工作中，也要求服务商为企业开发“小快轻准”的行业解决方案⁸——协同办公平台正是一种“小快轻”的应用，见效快、投入小、针对性强。中小企业可充分利用这类成熟工具，加快内部协同，提升运营效率，为后续更深层次的数字化奠定基础。

人力资源管理

现状与痛点：电子陶瓷行业具有技术密集与劳动密集并存的特点，中小企业在人力资源管理上往往存在手工管理和数据不足的问题。许多企业的考勤、工资核算、绩效评价仍以手工方式或电子表格为主，数据分散且容易出错。技能人才稀缺也是痛点之一：电子陶瓷涉及材料科学和工艺控制，中小企业往往难以招到并留住高水平专业人才，现有员工的技能培训也缺乏体系。由于缺乏数字化的人才管理工具，企业无法全面掌握员工技能矩阵和培训需求，也

很难将培训效果与生产绩效关联分析。此外，随着90后、00后逐渐成为产业工人主体，他们对现代化管理和职业发展有更高要求，如果人力资源管理跟不上，可能影响员工稳定性和积极性。

转型策略：构建**数字化人力资源管理（HRM）系统**，提升人力资源管理的效率与科学性。对于中小企业来说，可考虑部署轻量化的人事管理软件或利用ERP中的HR模块，实现**人事信息、考勤、薪酬和绩效的一体化管理**。转型策略可分步骤推进：首先导入电子考勤系统（如指纹、人脸识别考勤机数据直接上传），建立员工出勤数据库，减少人工统计误差；其次，上线薪酬管理模块，将考勤、绩效与薪酬奖金联动计算，提高薪资核算准确性和透明度；接着，逐步实施绩效管理，通过系统记录员工的产量、质量指标完成情况，为绩效评估提供量化依据。此外，针对技能人才培养，企业可建立**线上培训平台**或接入第三方培训资源，记录每位员工的培训经历和技能认证，实现人才技能档案数字化。通过分析员工技能与岗位需求的匹配度，制定有针对性的培训和招聘计划。

技术方案与实施要点：人力资源数字化可采用**SaaS模式的人力资源系统**或ERP集成方案。许多国内厂商（如北森、钉钉、人瑞等）提供适合中小企业的人力云服务，包括考勤、工资、社保公积金计算和绩效考核等。实施要点包括：确保历史人事数据顺利迁移，建立**电子员工档案**（包括学历、技能证书、培训记录等）；设计适合企业文化的绩效指标，在系统中配置考核周期和规则，使考核过程客观透明；重视数据安全和隐私保护，严格限定敏感人事数据访问权限。人力资源系统上线后，管理者应通过系统报表定期分析人力成本、员工流失率、生产效率与人员投入的关系等，为决策提供支持（例如分析某工序人手不足对产能的影响，并据此决策招聘或调配）。同时利用系统的员工自助服务功能，提升员工满意度，例如员工可通过手机App查看工资条、余假、培训课程等信息，增强对企业管理的信任感。

行业案例与政策指引：山东某先进陶瓷公司引入一款云端HR管理系统后，将员工考勤、薪资、绩效考核统一到线上平台。结果人事部门工作效率提高了30%，员工考勤异常率下降，并建立了技能人才储备库，及时发现和培养关键技术工种后备。这符合国家政策对中小企业提升管理精细化的方向——政府倡导的“数字化赋能”不仅限于生产环节，也包括管理赋能。工信部在指导专精特新企业发展时多次强调要打造高素质的人才队伍，利用信息化手段加强人力资源管理。中小企业可参考一些“专精特新小巨人”企业的人才管理经验，运用数字系统完善激励机制和人才培养，激发团队活力，为技术创新和持续发展提供人力支撑。

财务管理

现状与痛点：财务管理是中小企业数字化中的重点和难点。许多电子陶瓷企业的财务核算仍以手工或基础财务软件为主，存在数据与业务脱节的问题。具体痛点包括：**成本核算粗放**，无法精确计算到每个产品批次的成本和利润，尤其在电子陶瓷生产中，不同配方、不同窑炉批次的能耗和材料损耗差异大，人工核算难以及时准确地反映成本结构；**财务与业务数据割裂**，采购、生产、库存、销售数据无法与财务实时对接，导致财务报表滞后且无法细分到业务单元，管理层难以及时了解哪些产品线盈利、哪些环节成本过高；**资金管理困难**，手工账导致资金流预测不准确，原材料采购和生产计划衔接不畅时易出现资金周转压力。随着国家推行电子发票和税务数字化，中小企业财务手工流程也面临合规压力，如果不改进，将影响企业运营效率和融资能力。

转型策略：推进**财务业务一体化**的数字化转型，实现精细化财务管理。中小企业应考虑引入**ERP财务模块或专业财务软件**，将财务管理嵌入采购、生产、库存和销售全过程。策略上，首先实现**账务电算化**升级：用合规的财务软件替代手工记账，保证与税务“金税三期”系统对接，开具和管理增值税电子发票电子化，减少手工出错和税务风险。其次，逐步打通业务和财务数据：例如采购入库单、生产领料和产品入库信息实时传递给财务模块，自动计入存货和成本科目；销售出库和开票信息同步财务，实现**业务即财务**。通过这种集成，每月财务结算时可以快速核算出各产品批次的材料、能耗及人工成本，提供毛利分析。再次，加强**成本管理策略**，针对电子陶瓷生产的特点建立成本核算模型，将材料配比、烧结时长、良品率等纳入成本考核。例如推行标准成本制度，制定单位产品标准用料能用

定额，通过系统对比实际成本偏差，发现异常耗费。最后，利用财务数据进行决策支持，如分析某材料供应商交货延迟对资金占用的影响、预测未来季度现金流缺口等，为经营决策提供依据。

技术方案与实施要点：推荐使用**ERP系统的财务管理模块**或中小企业财务SaaS软件，实现财务数字化。国内厂商如用友、金蝶、畅捷通等提供了成熟的中小企业财务解决方案，涵盖总账、报表、应收应付、库存核算等功能。一些云财务软件还能与银行接口相连，实现线上收付款和资金管理。实施财务管理数字化应注意：一是**科目及核算体系设计**，根据电子陶瓷行业特点，细化会计科目，例如设置“原材料-氧化铝粉”“制造费用-窑炉能耗”等二级科目，满足精细核算要求；二是**数据接口打通**，确保财务系统与采购、库存、生产管理系统的数据接口顺畅，建立统一的编码体系（如物料编码、供应商编码、产品批号）以实现自动对账和关联；三是**内部控制**，将审批流集成在系统中，如大额采购付款须在系统提交申请审批，保证财务制度落地。实施过程中应安排财务和业务骨干共同梳理流程，以信息系统为契机优化业务流程（例如缩短采购到付款周期，提高资金使用效率）。培训财务人员掌握新系统操作，尤其是报表自定义、成本分析等功能，充分挖掘系统价值。

行业案例与政策指引：某电子元件陶瓷公司引入ERP财务模块后，实现了业务财务一体化管理。结果表明，库存账实准确率提升至99%，资金周转天数减少了10%，产品成本核算精度显著提高⁹。通过对比各产品线毛利，该企业及时砍掉了一款亏损产品，优化了产品结构。政府在政策上支持中小企业财务数字化，例如财政部曾联合工信部开展中小企业“数字化赋能”专项，鼓励企业上云，用好云财务软件等信息化工具，提高经营管理效率³。各地也提供了中小企业上云用数的财政补贴或优惠。中小电子陶瓷企业应主动对接这些政策红利，选择合适的财务数字化方案，实现财务透明和精益管理，为企业稳健运营提供坚实保障。

仓储物流

现状与痛点：仓储物流管理直接影响电子陶瓷企业的生产连续性和交付能力。目前许多中小企业在仓储管理上信息化水平不高，存在库存不准确、效率低下的问题。**库存准确率低**是突出痛点：由于原材料（如各类陶瓷粉体、添加剂）和半成品、成品批次多，人工盘点易出错，常出现账面数量与实际不符的情况，导致生产领料时可能缺料或错料。电子陶瓷对配方精准度要求高，一旦仓储管理不善可能拿错批次的粉体，影响产品质量。**出入库效率低**：传统人工开单、人工搬运，发货拣选慢，尤其面对多品种小批量订单，人工很难快速精准分拣，延误交期。**仓库空间利用不佳**：缺乏数字化库位管理，物料堆放混乱，找料费时，存放环境（温湿度）也难以监控，会影响部分对环境敏感的陶瓷材料性能。物流调度方面，如果没有系统支持，不同厂区或委外加工的物流衔接也易出现信息不对称。总的来说，中小企业仓储物流管理粗放，既增加库存资金占用，也埋下质量隐患和交付风险。

转型策略：实施**智能仓储与物流管理**，提升库存周转效率和准确性。中小企业应考虑部署**仓储管理系统（WMS）**来规范和优化仓库作业。首先，**建立物料条码/RFID管理**：为主要原料、中间品和成品赋予唯一标识（条码或二维码），包括批次号，实现“一物一码”跟踪¹⁰。入库时扫描登记，出库时扫描核减，确保账实一致。实践证明，应用一物一码后库存信息准确率可大幅提升至接近100%，基本消除每日人工盘点的需要¹⁰。其次，实施**库位管理**：将仓库划分为区域和货位，WMS系统实时更新每个物料所在库位及库存量，员工或叉车通过系统指引即可快速找到所需物料，大幅减少找料时间。对于电子陶瓷的原料仓，还可结合传感器监测库区温湿度，保障粉体材料的存储条件。第三，优化**出入库流程**：制定标准的收发料流程并在系统中固化，例如原料验收入库需扫描赋码、质检通过后才能转正料；成品入库自动与生产订单完工报告挂钩。拣货发货时，系统根据销售订单生成拣货单，按最优路径指导仓管员或AGV小车拣货，提高发货准确率和速度。最后，重视**物流配送数字化**：引入运输管理模块，安排送货车辆或第三方物流时，与仓库系统联动，提供车货匹配、路线优化等支持，并让客户可查询发货状态，提升服务水平。

技术方案与实施要点：适合中小企业的仓储物流数字化方案可选用**独立WMS系统或ERP集成的库存管理模块**。对于电子陶瓷行业的需求，需要关注WMS的批次管理和质检状态跟踪功能，以及与生产、销售系统的接口。实施要点包

括：仓库硬件升级，如部署仓库无线网络、手持终端（PDA）或条码扫码枪，必要时配置电子标签货架、自动化仓储设备等；梳理并标准化仓库作业流程，将系统参数与业务规则对齐（例如物料的安全库存、先进先出FIFO策略在系统中设置）；培训仓库管理和操作人员掌握系统使用，包括扫描操作、异常情况处理（如盘点差异、条码损坏应急措施）。此外，**数据分析**亦不可忽视，通过仓储系统积累的数据，可定期分析库存周转率、呆滞料预警、库容利用率等，作为优化采购和生产计划的依据。比如发现某关键粉体库存周转天数过长，可能意味着采购频次不合理或使用计划不当，需要调整策略。

行业案例与政策指引：佛山某陶瓷企业引入WMS系统后，实现了对产品的“砖码、箱码、托码”三码合一管理，每件产品、每箱、每托盘均有代码追踪，库存信息准确率提高到99%以上¹⁰。实时库位管理和出入库扫描使得人工盘点工作量减少了80%，发货差错率几乎为零。该企业还将WMS与MES、销售系统集成，实时根据生产完成和订单需求调整库存结构，库存周转率提升了10%⁹。政策方面，《制造业数字化转型行动方案》等文件鼓励企业加强供应链和库存管理的数字化改造，以“降本减存”为目标¹¹。一些地方政府在专项资金中对企业建设智能仓储也有支持。电子陶瓷中小企业应抓住这些契机，通过数字化仓储物流，实现原料到成品的高效周转与可追溯管理，减少库存积压，提升订单交付能力，在市场竞争中赢得优势。

采购管理

现状与痛点：采购管理直接影响电子陶瓷企业的生产成本和供应稳定。当前中小企业的采购过程透明度不高，主要痛点有：**供应商管理薄弱**，很多企业采购依赖少数熟悉的供应商，缺乏对供应商交付能力、质量水平的数据评价，一旦单一供应商供货延误或质量不稳，企业被动受损；**采购计划不科学**，由于缺乏与生产计划的联动，常出现原料备货过多占压资金，或关键材料短缺导致停工待料的情况；**价格和成本管控不足**，原材料（如高纯氧化铝、氧化锆粉体等）价格波动对成本影响大，中小企业信息不对称，议价能力弱，经常是被动接受价格；采购审批流程手工化也易造成违规采购或资金外流。电子陶瓷生产对原料纯度、粒度有严格要求，如果采购不善，质量风险高且难追责，**批次质量追溯**也因为采购台账不完善而困难。

转型策略：建立**数字化采购管理体系**，实现供应链协同与成本控制。中小企业应逐步引入**供应链管理（SCM）或采购管理系统**。首先，**完善供应商信息库**：收集并数字化记录每家供应商的资质、供货品种、历次交付及时率和质量情况，系统自动汇总形成供应商绩效评分。通过数据评价筛选优质供应商并建立长期合作，对多次延迟或质量差的供应商及时预警或替换。这种数字化供应商管理可提高供应链稳定性¹²。其次，**优化采购计划**：与生产计划和库存系统集成，根据生产排程和安全库存水平自动生成采购建议。系统可提前提醒哪些材料将低于安全库存，结合采购提前期算出下单时间，避免断料。同时避免超量采购，对于价格波动大的材料，可设置采购批量上限和动态调整策略。第三，**电子化采购流程**：通过采购管理模块实现从请购、询价、下单到验收的全流程线上流转。比价、招标过程透明记录，管理层可在线审批采购合同和付款，减少人为干预和风险。电子陶瓷行业还可利用**工业电商平台**采购标准物料，一些地区建立了陶瓷产业供应链平台，汇聚多个材料供应商供企业比价选购¹³。最后，**成本分析与控制**：运用系统数据分析材料价格趋势、供应成本构成。例如分析过去一年某粉体供应商报价走势，辅助谈判；计算每种原料在产品成本中的占比，评估替代材料可行性等。通过数字化手段，中小企业在采购环节也能实现精细化管理和成本优化。

技术方案与实施要点：针对采购管理，可选用**ERP供应链模块**或独立的电子采购平台。关键实施要点包括：建立**标准化的采购编码体系**，确保物料编码统一、供应商编码一致，方便系统匹配和统计；配置**审批 workflow**，根据金额或物料重要程度设定不同级别审批，在系统中实现无纸化审批；搭建**供应商协同门户**，有条件的企业可让主要供应商接入协同平台，及时共享需求计划和订单进度（如发送电子订单、供应商确认交期，交货后在线录入质量检验数据）。在电子陶瓷行业尤其要加强**质量追溯**：系统中将采购批次与生产批次关联，当出现质量问题时能追溯到原料供应批次，便于责任界定和问题整改。为提高议价能力，中小企业可以组建**采购联盟**或借助政府搭建的集采平台，

利用数字平台的规模效应获取更优惠价格。实施过程中还需培训采购人员利用系统进行供应商评价和数据分析，改变以往只凭经验做采购的模式。

行业案例与政策指引：江西某电子陶瓷企业运用采购管理系统后，供应商交付准时率提高了5%，库存周转加快

9。该系统为每家供应商建立了信用档案，定期输出评估报告，帮助企业与核心供应商建立更稳固合作。同时通过线上寻源，比价环节引入了多家供应商报价，材料采购成本降低约8%。政府层面，“专精特新”小巨人企业培育政策强调供应链协同，鼓励龙头企业和上下游中小企业实现信息互通7。一些地方开展的“数字化采购”试点为中小企业提供了公共服务平台，解决其“不敢转、不知道怎么转”的问题。电子陶瓷中小企业可参考这些政策资源，加强与行业协会、政府平台合作，通过数字化采购实现提质降本，增强供应链韧性。

能耗管理

现状与痛点：电子陶瓷生产过程中**能源消耗巨大**，烧结窑炉、电热设备等全天运行，使能耗成本占生产成本相当高的比例（陶瓷行业原料和能源成本可占到生产成本的50%左右14）。但许多中小企业缺乏有效的能耗监测和管理手段，存在能耗浪费和成本失控的问题。痛点包括：**用能数据不透明**，多数企业仅能通过每月电费单、水气表读数了解总耗能，无法细分到车间、设备或工序，找不出高耗能环节；**缺乏节能控制**，窑炉、球磨等设备常常满负荷连续运转，即使在产能不饱和或夜间低谷时也未优化，造成能源浪费。没有引入峰谷电价管理手段，该省电时未能省电；**设备效率偏低**，一些老旧窑炉能耗高但企业并未意识到具体浪费量，更谈不上优化工艺参数来降低能耗。随着国家“双碳”战略推进，能源利用效率成为制造业的重要指标，中小电子陶瓷企业如不改善能耗管理，将面临成本压力和绿色生产达标的挑战。

转型策略：推进**能源管理数字化**，实现精细化的能耗监控与优化。首先，中小企业应建立**能源监控系统（EMS）**，对主要耗能设备和工序安装计量和传感装置，实现分项能耗数据采集。关键点如窑炉、喷雾干燥塔、球磨机、空压机等，都需要实时监测电、气等能源消耗4。通过将数据接入能源管理平台，管理者可以看到每台窑炉的实时电耗、每条产线的单位产品能耗，从而识别高耗能环节。其次，**实施能耗分析与优化**：利用数字化系统对历史能耗数据进行分析，结合产量、产品类型等找出能源浪费的原因。例如发现某窑炉空窑待机时间过长，或者不同产品烧结所耗能差异，进而调整排产和工艺来减少空转和过度烧成。东鹏陶瓷等头部企业通过能源监测，已经实现错峰用电管理，在球磨等环节节约用电5%15。中小企业也可采用类似策略，在电费高峰时段降低可控设备功率，避开尖峰电价。再次，**引入节能装备与控制**：结合能耗数据，升级关键设备的控制系统，如为窑炉加装智能温控和余热回收系统，通过数字化管控实现烧成过程自适应调节16。有条件的企业可以与设备供应商合作，引入AI算法来优化窑炉温度曲线和风气配比，在保证烧结质量前提下尽量降低能耗17。最后，**将能耗管理纳入绩效**：通过数字平台公布各车间能耗指标，树立节能标杆，对节能有功的团队或个人给予奖励，营造全员参与的节能文化。

技术方案与实施要点：能源管理数字化可使用**能源管理系统（EMS）**或在现有SCADA/MES系统上增设能源模块。实施要点：首先硬件方面，需要安装智能电表、流量计以及数据采集终端，将能源数据联网采集18。确保采集的数据粒度足够细（如以分钟或更短周期记录），并与生产数据关联，才能分析单位产品能耗。其次，软件方面，EMS应具备**实时监测、报表和报警**功能。例如，当某窑炉能耗突然高于基准，应及时报警检查设备或工艺异常。又如通过系统自动生成每日、每月能耗报表和单位能耗 KPI，便于管理层考核。第三，**优化控制**部分，可以与生产控制系统结合，实现自动优化：如窑炉空载时自动降温或进入保温模式19，空压机根据用气量自动启停联控等。中小企业在实施时要注意人员培训，由专人负责能耗数据分析和改进措施推进。同时，参考国家和行业的能耗标准，设置切实可行的节能目标。例如对标行业先进的单位产品能耗指标，将公司目标分解到各车间，利用数字化手段持续监控达成情况。

行业案例与政策指引：广东某电子陶瓷企业通过引入EMS系统，对全厂95%以上的用能设备实现了数据采集和监控18。数据分析发现窑炉空载时间较长，于是优化生产排程减少窑炉等待，并应用“空窑自动降温”功能，每条生产线

年电耗下降约10%。另一个案例中，企业在各车间安装大屏实时显示能耗指标，并结合班组竞赛降低耗能，收效明显。政府政策方面，“绿色制造”和“工业节能”是十四五期间的重要方向，工信部绿色工厂评价体系中明确要求企业加强能源管理。针对中小企业的不少专项资金支持节能技改，如更换高效节能窑炉、电机等都有补贴。一些地区也建立了能耗在线监测平台，要求重点用能企业接入。电子陶瓷中小企业响应国家“降碳”号召，通过数字化手段提升能效，这不仅降低成本，也有助于满足未来更严格的能耗限额和碳排放政策要求，实现可持续发展。

安全生产

现状与痛点：电子陶瓷制造涉及高温烧结、粉尘处理以及机械加工等多种作业环境，存在一定的安全风险。中小企业在安全生产管理上往往基础较为薄弱，主要痛点包括：**安全监测不足**，车间缺少实时环境监测设备，对粉尘浓度、窑炉周边温度、可燃气体泄漏等缺乏自动监控预警，往往依赖人工巡检，存在盲区；**人员安全培训流于形式**，一线工人安全意识不强，企业仅在出现事故或检查前突击培训，缺少持续的数字化安全培训和考核档案；**应急管理不完善**，事故应急预案未能与数字系统联动，没有建立起事故报警、响应、指挥的数字平台，一旦发生险情，信息传递和人员疏散指挥可能混乱。电子陶瓷行业粉尘和高温是主要危险源，如窑炉操作不当引发火灾、粉尘在密闭空间聚集引发爆炸等，中小企业尤其应警惕。但目前多数小企业停留在被动应付和事后处理阶段，安全生产数字化亟待加强。

转型策略：打造**数字化安全生产管理体系**，实现安全风险的实时监测和预防控制。首先，部署**工业安全物联感知**：在关键地点安装传感器与联网报警装置，例如在粉料车间安装粉尘浓度探测器、在窑炉和烘干设备附近安装温度和一氧化碳浓度传感器，在厂区危险品仓库安装烟感和可燃气体监测器。一旦指标超限，系统立即声光报警并通过短信/应用通知安全管理人员，以**秒级响应**隐患。其次，建立**安全管理信息系统（EHS系统）**：记录每位员工的安全培训、持证资质、违章记录等信息。通过系统定期提醒并组织在线安全学习和考试，将培训情况数字化存档，确保员工知悉安全操作规程。系统还能管理隐患排查和整改闭环：巡检人员使用移动端APP提交隐患照片和描述，系统派发整改任务，完成后闭环记录，形成安全隐患数据库，以便分析高发问题并制定针对性措施。第三，**应急预案数字化**：利用数字系统建立应急指挥平台，一旦某监测点报警触发重大事故预警，系统根据预案自动通知应急小组和周边人员疏散。电子地图实时显示事故地点和可能影响范围，指导现场处置。定期通过系统开展应急演练，检验预案效果。最后，将安全生产指标纳入企业绩效，利用数字看板公布安全天数、安全检查合格率等指标，提高全员重视程度。

技术方案与实施要点：安全生产数字化可分为**硬件感知层**和**软件管理层**两部分。硬件上，需要部署**物联网传感器和视频监控**。选择可靠的工业级传感器并保证联网稳定性；对高风险区域辅以AI视频分析监控（如检测工人是否佩戴防护用品、是否进入禁区）。软件上，引入**EHS管理系统**或者将安全模块集成进MES/ERP。实施要点：做好**报警分级设置**，避免传感器误报频发造成麻痹，要根据工艺和国家标准设定合理阈值；建立**事件处理流程**，在系统中预定义发生火警、气体超标等不同事件的通知范围和处理步骤，确保报警有人及时处理。要配置**移动端支持**，让一线班组长能通过手机收到报警并上报情况。另一个要点是**数据联动**，安全数据可与生产数据相关联进行分析，例如班次与事故/报警关联分析，发现某些班次事故率高可以针对性加强管理。实施时还需培训专职安全员使用系统，并逐步让一线员工也参与，如通过扫码签到完成每日安全检查清单等，让数字化工具融入日常工作。

行业案例与政策指引：湖南一家先进陶瓷材料企业建立了安全环保数字管控平台：在粉碎车间、窑炉房安装了粉尘与温度传感器实时监控，一旦粉尘浓度接近下限值立刻报警并联动启动排风装置，成功避免了多起粉尘超标险情；该平台还记录员工安全培训考试，人均培训学时较以往增加了50%，违章操作率下降显著。得益于数字手段的运用，该企业通过了国家安全生产标准化二级企业认证。国家层面，《“十四五”工业安全发展规划》鼓励企业应用信息技术提升安全管理水平，推广在线监测预警和应急指挥平台。在数字化转型试点中，“安全”被列为企业提质增效的重要方面²⁰。电子陶瓷中小企业应当积极响应，在追求生产效率的同时，把数字化手段运用于安全领域，防范于未然，保障员工生命安全和企业财产安全。

设备管理

现状与痛点：电子陶瓷制造依赖各种专用设备（如研磨机、压机、窑炉、精加工设备等），设备管理水平直接影响生产稳定性和成本。目前中小企业在设备管理上存在**维护不及时、运行数据不掌握**等问题。痛点包括：**设备台账不完善**，设备基本信息、历次维护和故障记录大多分散在纸本或个人笔记中，企业缺乏全局视图；**维护模式粗放**，多数中小企业采用事后维修，设备坏了才抢修，缺少预防性维护计划，导致设备突发停机影响生产计划。特别是窑炉等关键设备一旦故障停产，损失巨大；**备件管理混乱**，没有数字系统记录备件库存和更换历史，常出现需要的备件找不到或库存积压无用备件的情况；**无法分析设备效能**，缺乏对设备开动率、故障率、性能指标（如温控精度）的数据收集，管理者难以及时发现设备性能下降或瓶颈。总体而言，设备管理的滞后使中小电子陶瓷企业面临更多停机风险和维修成本，降低了生产效率。

转型策略：实施**设备全生命周期管理数字化**，提升设备利用率和可靠性。中小企业应建立**设备资产管理系统**

（EAM），对设备从购置、运行到报废的全过程进行信息化管理²¹。首先，**设备建档**：为每台设备建立数字档案，录入规格型号、生产厂商、安装日期等基本信息，同时记录设备“身份证”编码用于标签管理²²。把历史故障和维修记录也补录进去，形成完整履历。其次，**预防性维护计划**：根据设备类型和厂家建议，在系统中设置点检和保养规则（如润滑、校准、更换易损件周期）²¹。系统到期自动生成点检/保养工单，通过短信或App提醒负责人执行并记录结果，确保维护按计划进行，不漏项，提升及时率。第三，**故障报修流程**：当设备突发故障时，操作人员可在系统或移动端一键报修，系统生成维修工单并通知维修人员²²。维修过程及更换部件记录在案，形成维修知识库。引入**备件管理**模块，登记所有关键备件库存量和适用设备型号，一旦某备件更换，系统自动扣减库存，低于安全库存时提醒采购。通过备件数据，中小企业可以优化备件库存结构，降低资金占用。最后，**设备绩效分析**：设备资产管理系统应与生产数据联动，统计每台设备的开机率、故障停机时间、产品不良率等指标，计算设备综合效率（OEE）。分析这些数据，有助于发现例如某压机频繁小故障导致OEE偏低，可以安排技术改造；某窑炉产能利用不足，则考虑产品排产优化。

技术方案与实施要点：可选择**专业EAM软件**或在MES系统中集成设备管理模块实现上述功能。实施要点：一是**基础数据准确**，为每台设备贴上二维码标签，方便运维人员用手持终端扫描获取设备信息并录入点检结果；二是**流程固化**，将报修、维护、备件领用等流程都通过系统执行，避免线下口头通知导致遗漏；三是**引入物联网监测**，对关键设备可加装传感器，实现状态监测和**预测性维护**。例如在窑炉加装温度、震动传感器数据接入系统，通过大数据分析历史趋势，实现故障预判和预警²²，降低突发停机率。对于成本较高的传感改造，可选择关键设备先行试点。四是注意**与生产系统集成**，让设备停机状态能同步到生产计划，使计划人员及时调整排产，减少影响。推行设备管理数字化也需改变员工观念，要求操作工养成按时点检、如实记录的习惯，管理层重视设备管理KPI，将减少故障停机和维修成本纳入考核。

行业案例与政策指引：广东某陶瓷厂通过EAM系统对设备实行精细化管理，取得显著成效：所有设备建立电子档案并二维码贴签，维修响应时间缩短了30%；由于点检保养到位，设备故障率下降，大修周期从原来的每年一次延长到两年一次。尤其是窑炉等关键设备，自从应用了预测性诊断功能后，再未发生过重大意外停机²²。库存备件准确率也提高，大幅减少了备件积压。此案例中的亮点措施与工信部倡导的“两化融合”（信息化与工业化融合）方向一致。政府在智能制造示范中亦推介“设备健康管理”和“预测性维护”技术，中小企业可以较小投入获得大效益²¹。另外，许多专精特新“小巨人”企业通过加强设备数字化改造，降低了人工依赖和维护成本，实现生产连续稳定²³。电子陶瓷中小企业应参考这些先进经验，运用数字化手段管好设备这一生产命脉，为产能发挥和品质提升提供坚实保障。

质量管理

现状与痛点：电子陶瓷器件性能和可靠性要求高，质量管理是企业生存的重中之重。中小企业在质量控制上面临**检验不足和数据不全**的问题。主要痛点包括：**过程质量数据缺失**，生产各环节（配料、成型、烧结、加工）大多依赖经验控制，工艺参数记录不完善，一旦出现不良品，难以追溯是哪个环节偏差导致；**成品检测手段有限**，部分中小企业的检测设备投入不足，仍以抽检为主，无法做到每件产品全性能测试，“漏检”导致不良品流出风险；**不良率偏高且改进缓慢**，由于缺少系统的数据分析，无法有效分析不良品的来源和原因。例如烧结炉温场不均导致隐裂、材料配比略差导致介电常数不达标，但没有数据支撑的分析，只能反复试错。质量管理缺少闭环：检验结果没有和生产工艺参数关联，不能形成持续改进。客户投诉或退货发生时，企业缺乏快速定位问题批次和原因的能力。对于电子陶瓷这类需要精细化批次管理的行业，质量管理的薄弱严重制约企业口碑和发展。

转型策略：构建**数字化质量管理体系**，实现全过程质量监控和追溯。首先，要实现**一物一码、批次追踪**：给每批次甚至每件产品赋予唯一标识，并在生产各工序采集质量数据并关联到该批次/产品码上²⁴。这样，每道工序的产量、废品数、检验结果都有据可查。例如配料环节记录实际配方参数，烧结环节记录窑炉温度曲线，每批次成品记录介电常数、强度等检测值。一旦某批产品不良率高，可通过系统追溯对应的原料批次、操作参数，找出异常点。其次，加强**关键工序在线检测**：在生产线上增加自动检测设备，例如用机器视觉检测陶瓷件的外观缺陷、裂纹，用在线测量仪监控尺寸偏差，用传感器检测烧结过程中的关键气氛参数。将这些检测数据实时接入质量管理体系，超标立即报警处理。这种全程监测能显著降低不良流出。对于终检，可考虑采用**自动化检测**或提高抽检比例，以获得更全面的数据。第三，实施**统计过程控制（SPC）**：对采集的大量质量数据进行统计分析，绘制控制图，及时发现工序波动超出控制界限。SPC可帮助预防问题发生，例如发现某粉末粒度测量值渐趋上限，可在产品报废前调整制程。第四，建立**质量分析和改进机制**：质量管理数字系统应提供分析报表，按产品、批次、工序统计不良率和缺陷类型Pareto图，指导企业将主要精力放在最突出的问题上持续改进。每起客户投诉或重大质量事件要在系统中进行8D改进记录，沉淀为知识库。通过数字化手段，让质量管理形成闭环：标准制定->数据采集->分析改进->标准优化，不断提升产品一致性。

技术方案与实施要点：可引入**质量管理体系（QMS）**或利用MES的质量模块实现上述功能。实施要点：**数据采集与集成**是基础，必须确保人、机、料、法、环各因素相关的数据都能被记录。比如操作工扫描工号登录设备，设备自动采集温度/压力参数，检测仪上传测量结果，这些都需系统集成。人工检测的数据也通过电子表单录入而非纸单。**统一编码**也很重要，批次号、炉次号、检测报告编号都应纳入统一体系才能追溯贯通。在电子陶瓷行业，**测试设备集成**是难点但很关键，要争取将主要检测仪器（如介电常数测试仪、X射线缺陷扫描仪等）联到系统自动记录结果，减少人工记录误差。**流程改造**方面，需要根据ISO9001等质量体系要求梳理检验放行流程，在系统中建立不合格品处置 workflow，确保异常品不混入良品。例如出炉后检验未通过的批次，系统应锁定不能入库发货，需走MRB（评审）流程。**培训与文化**：数字化工具上线后，要培训质检员、工艺员学会使用统计分析工具，如利用系统生成控制图、直方图，培养用数据说话、持续改进的文化。

行业案例与政策指引：一家江西电子陶瓷小巨人企业构建了“质量管理数字平台”，对每个产品赋予二维码，从原料投入到成品出库全过程采集质量数据。应用后效果显著：成品一次合格率提升了5个百分点，客诉率降低了30%，每个不合格批次都能在1小时内追溯到责任环节并启动改进。这背后利用了SPC控制，发现并解决了影响不良率最大的两个工序问题。另有陶瓷企业与高校合作，开发了AI视觉检测系统用于陶瓷瑕疵自动分级，实现了高速在线检测和自动分级分选²⁵，“最后一公里”的人工筛选被机器替代，人工检测强度和漏检率大幅下降。政策方面，工信部等在中小企业数字化改造中明确提出要应用人工智能、大数据等技术于视觉质检、参数优化等场景⁷，鼓励企业提高质量控制的数字化、智能化水平。电子陶瓷中小企业应顺应这一趋势，加大质量管理数字化投入，以稳定提升产品品质，打造行业信誉，实现持续订单增长。

生产管控

现状与痛点：生产管控是电子陶瓷企业数字化的核心环节。许多中小企业的生产调度和现场管理依然以人工方式为主，存在**计划执行差、过程透明度低**等问题。痛点表现为：**生产计划下达与反馈慢**，计划往往由计划员用Excel编制，人工下达到车间，车间执行情况靠电话或现场了解，导致信息滞后。若市场订单临时调整，无法快速响应调整计划；**现场数据采集困难**，设备产量、运行状态、停机故障等信息主要靠人工记录，既耗时又可能不准确，管理层无法实时掌握产线状况。特别在陶瓷生产线长、工序多的情况下，一处异常（如压机故障）往往后续工序还不知情，协同处理不及时²⁶；**产品切换和小批量生产难度大**，“四转难题”在陶瓷行业普遍存在，即转产（换产品）、转料（换配方原料）、转速（调整生产节奏）、转人（更换操作人员）时，生产稳定性差²⁷。对于中小电子陶瓷企业，多品种小批生产更常见，工艺切换时的不稳定和波动经常导致试产失败率高、报废多²⁸。这些都说明传统生产管控模式难以满足现代电子陶瓷制造对敏捷性和稳定性的要求。

转型策略：引入制造执行系统（MES）等数字化手段，实现生产过程的精益管控与实时协同。首先，**生产计划数字化**：通过ERP/MES系统协同，将销售订单转化为生产任务，系统根据物料和产能自动排程（详见下节计划排程），计划下达到各车间班组的终端设备上²⁹。这样当市场订单有变，系统能快速重排计划并通知现场，减少人工传达滞后。其次，**实时生产监控**：在产线上部署操作终端或工业平板，操作工通过终端报工，每完成一定数量即可扫码或点选汇报，设备也自动上传产量和状态数据，形成实时生产看板。管理人员通过电脑或大屏即可查看当前各工序产量、合格率、设备运行状态，全局一目了然⁴。当某设备故障或工序异常时，系统即时报警并通过协同平台通知相关人员，做到多岗位联动处理，保障生产连续性³⁰。第三，**工艺变更和转产管理**：将标准工艺参数和配方由PLM/MES下发到生产设备，转产任务一键切换，各环节按预先定义的调整流程执行³¹。例如需要更换产品型号时，系统自动调取新产品的烧成温度曲线、配料配方，指导操作，并锁定需要清线、校准的步骤，确保转产过程稳定受控³¹。通过数字化，缩短从停线换型到恢复生产的时间，提高柔性。第四，**在制品和物料跟踪**：MES系统跟踪每批在制品的位置和状态，结合条码/RFID实现物料物流的同步管控³²。比如原料投料时扫描批次码关联工单，产品每过一道工序系统更新状态，这样既避免漏工序也提高追溯性。**生产协同**也包括与质量、设备、仓储的联动，如设备管理系统的点检计划能与生产计划协调排出空闲时间执行，质量异常报警可以暂停相关批次继续加工等待评估，仓储系统自动收到生产完工入库信息等，构筑生产闭环。

技术方案与实施要点：部署MES制造执行系统是核心方案。中小企业可选用国内成熟的MES产品，注意要**结合陶瓷行业特点**进行配置。实施要点：先绘制清晰的生产流程和信息流，把企业的工序、工艺路线、设备清单、产品BOM等基础数据整理完善并导入MES；然后进行**软件功能模块配置**，包括生产计划排程、工单管理、数据采集、质量管理、工艺管理等模块，按需启用。重中之重是设备数据采集，可能涉及**SCADA/PLC集成**，需要自动采集关键工序参数和状态¹⁸。如资金有限，可采用半自动方式（人工终端报工为主，逐步再集成自动采集）。**终端部署**也是实施要点，根据工位情况配备合适的上报终端（电脑、平板或定制HMI），并设计简洁易用的操作界面，一线员工培训后能熟练使用²⁴。在生产管控推进过程中，要做好**数据字典和编码**，统一产品、工序、设备等编码以保证系统流转正确。最后，要注意**渐进式上线**，可从某条生产线或某工厂先运行MES试点，解决问题后再推广至全公司，降低风险。

行业案例与政策指引：佛山航天云网针对陶瓷行业打造的MES系统，实现了从原料、成型、施釉、烧成、打磨到包装全工序的数字化管控³⁰。某陶瓷企业应用该系统后，改变了过去传统MES“头尾两端管、过程管不了”的局限，实现了**试制、量产、转产三类生产过程**的全面管理³³。通过岗位终端多角色协同，设备故障情况下能多岗位联动处理，生产异常响应速度大幅提升³⁰。MES与PLM、SCADA集成后，一键转产成为现实，现场纸质记录几乎取消，关键工艺参数管理精度大幅提高³¹。质量方面，全过程一物一码追踪，每道工序的产量、废品、合格率都精确掌握³⁴。该企业还采集了全厂800多台设备的7万多个数据点，进行产量统计、工艺优化和能耗分析，实现了工业数据的采集-处理-应用闭环¹⁸。此案例充分展示了数字化生产管控在陶瓷行业的价值。国家政策也鼓励在细分行业开展数字化车间、智能工厂建设，对核心生产环节进行深度改造⁷。电子陶瓷中小企业应借鉴行业标杆做法，积极

拥抱MES等先进管控技术，哪怕从基础的数据采集和报工做起，逐步积累，实现生产管理从“黑箱”走向透明、高效、可控。

计划排程

现状与痛点：计划与排程是连接市场订单与车间执行的纽带。电子陶瓷企业由于产品品种多、工序流程长，生产计划排程复杂度高。中小企业目前多依赖人工经验排程，存在**计划不科学、变更难执行**的问题。常见痛点：**交期难保证**，人工排程往往无法精确考虑每台设备产能和工艺切换时间，导致排的计划理想化，一遇设备故障或插单就乱，订单交期延误时有发生；**库存和产能匹配差**，缺乏先进排程算法，某些工序可能出现瓶颈大量在制品等待，而其他产线闲置，物料供应也可能不及时或过量；**缺乏弹性和仿真**，当接到新订单或优先级调整时，不敢轻易插单或改计划，因为不知道影响几何，怕顾此失彼。人工调度耗费大量时间，还未必是最优方案。此外，电子陶瓷行业往往需要先安排试生产再转入量产，如果计划没考虑试制资源，就可能挤占正常生产时间或者试制频繁换线带来不稳定。

转型策略：应用**高级计划与排程（APS）**工具，提高计划的科学性与柔性。中小企业可从**生产计划数字化**入手：将销售订单、预测、库存和产能数据输入系统，让系统根据规则自动拟定主生产计划（Master Production Schedule）。针对电子陶瓷行业，可采用**三级计划模式**²⁹：总部层面制订各基地的主生产计划，考虑总体产能和关键资源；工厂层面制订车间生产计划，结合各产品工艺要求和设备能力；车间层面制定详细派工单，充分利用班组和设备产能²⁹。通过系统协同，确保上层计划下达到下层的同时提供必要数据支持，如PLM中的工艺数据可协助确定某些转产类型需要的切换时间，从而合理安排顺序²⁹。其次，引入**APS算法**：利用优化算法根据设定目标（按期交付、库存最小化、产能平衡等）对生产和物料计划进行优化计算。APS可以将设备产能、工艺路线、切换时间、物料到料时间等约束综合考虑，给出可执行的排程方案。对于电子陶瓷行业，APS有助于**排序产品生产顺序**，尽可能安排相同配方或温度的产品连续生产，减少窑炉频繁升降温，提高效率。再次，增强**计划弹性**：数字化计划系统可以快速仿真不同情况下的生产方案。当有插单或设备故障时，系统能在短时间重新排程，给出调整方案及影响评估。例如某关键设备故障停3天，系统可立即计算延期交付的订单清单以及是否可通过加班或转移到其他设备弥补，让管理层决策有据。最后，加强**物料与计划联动**：MRP功能根据生产计划自动计算原材料需求和请购计划，提前发出采购申请，避免缺料。也能根据库存变化及时调整生产节奏，比如库存高企则推迟某些订单生产以防积压。

技术方案与实施要点：计划排程数字化通常依托**ERP/MES的计划模块**或专用APS软件。实施要点：首先收集并输入**准确的基础数据**——包括设备产能（每班可产量）、各产品工艺路径与节拍时间、工序切换损耗时间、原料采购提前期等，这是算法排程的依据。其次，设定**排程规则和优先级**：根据企业目标设置优化目标函数，比如紧急订单优先级、尽量减少换线次数、窑炉尽量满载等约束，这需要与生产、销售团队讨论确定。第三，**模拟与调整**：在正式运行前，可用历史订单数据让APS模拟排程，与实际结果对比，调整参数使之更符合现场实际。然后再用于未来计划编制，以获得所有相关人员信任。四是**计划执行反馈**：排程计划须结合MES执行反馈，若实际进度与计划有偏差，系统应能捕捉并提示调整。例如某批次提前完成或延误，计划甘特图上直接标识，计划员据此微调后续排程。对中小企业来说，APS的完整引入可能分阶段实施，可以先上线基本的MRP物料计划和产能负荷分析工具，让计划员借助系统进行决策，再逐步过渡到全自动优化排程。

行业案例与政策指引：佛山某陶瓷企业实施三级计划排程体系，通过ERP、MES、PLM数据协同，实现了“基地-工厂-车间”三级计划自上而下衔接²⁹。主计划充分考虑各基地产能和设备工艺能力，生成试制和量产计划；车间派工计划则充分利用自动化生产线的柔性，支持快速插单和补单²⁹。这种数字化排程使该企业多基地协同效率大增，订单准时交付率提升明显。据报道，科达制造等企业通过数字化平台实现了研、产、供、销一体化，其计划完成率提升了6%，库存周转率提高10%，供应商准时率提升5%⁹，这些都与精准的计划与排程密不可分。政策上，政府鼓励中小企业运用工业互联网平台实现产供销协同优化，将计划排程优化视为提质增效的重要抓手。对于电子陶瓷这样的细分制造领域，中小企业可借助国内一些工业互联网平台提供的云排产服务，降低IT投入，通过专家模型帮

助优化生产计划。总之，数字化的计划排程能够帮助企业在复杂多变的市场环境中做到胸有成竹、从容应对，最大限度提高履约能力和运营效率。

售后服务

现状与痛点：售后服务在电子陶瓷行业通常不如装备制造等行业显著，但对客户的技术支持和质量反馈处理依然重要。当前中小企业在售后服务上存在**响应不及时、信息不闭环**的问题。由于电子陶瓷产品多数作为B2B元件销售给下游厂商，售后主要体现为：客户技术咨询、产品使用问题反馈、质量投诉或退换货处理。痛点在于：**缺乏客户反馈收集平台**，客户遇到问题通常通过电话或邮件联系业务员，企业内部没有统一的服务工单系统，信息口径不一且易遗漏。**响应速度慢**，当客户抱怨某批次产品性能不达标时，企业往往需要层层传达到技术、生产部门查找原因，因为没有系统支撑，内部协同缓慢，错失客户信任。**服务数据未形成改进循环**，客户反映的问题没有系统化记录分析，不能用于改进产品设计或工艺。这导致类似问题重复发生，客户满意度下降，也无法将优质服务转变为营销卖点。此外，一些电子陶瓷产品需要一定的应用技术支持（例如陶瓷基板如何焊接、压电陶瓷如何驱动等），中小企业在这方面支持能力有限，缺少数字化手段提供快速指导。

转型策略：建立**售后服务数字化平台**，提升服务响应和知识积累。首先，开通**客户服务渠道**：中小企业可以搭建简单的客户服务管理系统或使用CRM系统的服务模块，提供网页、自助微信、小程序等渠道，让客户能够方便地提交问题单或反馈。所有客户问题集中进入系统后，统一编号和跟踪。内部设定服务SLA（响应时间），确保客户提交后在承诺时间内有回复。其次，**内部协同处理**：服务平台将客户问题根据类型自动指派给对应责任部门/人员（如质量投诉单给质量经理、技术咨询给技术支持工程师）。相关人员通过系统收到待办，及时处理并填写处理过程和结论。必要时服务单可转给多个部门协同（例如涉及质量和研发同时分析）。这种流程数字化避免了传统靠人催办的低效。第三，**知识库建设**：将历次客户问题及解决方案归纳整理进知识库，分类为FAQ、案例等，供客服和销售人员检索。随着时间推移，常见问题的解决方案可以直接提供给客户，提高一次性解决率。一些技术难题还可以形成内部报告，用于改进产品设计或工艺。例如多位客户反映某陶瓷元件在高湿环境性能下降，经汇总分析可能指向材料配方改进，这就是宝贵的改进情报。第四，**延伸增值服务**：利用数字平台提供增值服务，如在线发布产品使用指南、维护手册和培训视频等，让客户自助获取专业知识。这不仅解决客户问题，也彰显企业专业度，提升品牌形象。大型客户的售后支持可考虑对接物联网：若电子陶瓷产品带有智能标签或监测，可远程监控其使用状况，为客户提供预防性维护建议（这一点在一般电子陶瓷元件上尚不普遍，但高端应用如传感器组件可探索）。

技术方案与实施要点：可采用**CRM系统中的售后模块**或专门的**客户服务管理系统**（也称工单系统）实现上述功能。实施要点：梳理服务流程，明确从客户提报到解决的流程和节点，配置系统工作流；准备常见问题模板，方便客户描述问题时选择，这样系统能依据分类智能指派，提高效率。**多渠道接入**是重要考虑，要尽量降低客户使用门槛，例如通过微信公众号提供反馈入口，比起要求客户登录网页填写可能效果更好。内部执行上，要**明确责任与考核**，例如规定客户投诉在24小时内必须响应，系统应能统计各部门平均响应和解决时长，纳入绩效，让各部门重视服务工单处理。对积累的问题数据要定期分析，利用系统报表查看主要问题分布，对高频问题制定专项改进行动，并将结果反馈给客户，展现持续改进态度。

行业案例与政策指引：江苏某特种陶瓷中小企业搭建了简易客服工单系统后，客户反馈平均响应时间从原来的2天缩短至8小时以内，客户满意度明显提升。该系统同时累计了上百条问题解决方案，其中有些典型问题反馈给研发部门促成了两项产品改进。售后服务数字化也为其营销带来帮助：销售人员可随时查询客户过往问题和偏好，更有针对性地推荐产品方案，成功率提高。据统计，一些“专精特新”企业通过提供优质快速的技术服务在市场中树立了口碑，服务已成为竞争优势的一部分。政策方面，政府鼓励中小企业提升服务型制造能力，将售后服务、远程运维等纳入智能制造整体解决方案。虽然电子陶瓷产品不像大型设备有复杂服务需求，但中小企业也应增强服务意识，利用数字平台做到“小客户有大服务”。这既响应了制造业由产品向“产品+服务”转型的大趋势，也能在专精特新评审中为企业增色。

营销管理

现状与痛点：电子陶瓷行业中小企业普遍以B2B模式为主，市场营销多依赖线下渠道和人脉关系，数字化营销能力不足。主要痛点表现为：**客户资源管理不系统**，销售人员各自维护客户名单，缺少统一的CRM系统，客户跟进情况和需求偏好没有企业层面的数据积累，一旦销售人员离职，客户信息可能流失；**品牌推广渠道单一**，很多企业缺乏官网或新媒体运营，对电子商务平台利用不够，在行业内虽有专业技术但知名度有限，难以拓展新市场；**营销与生产脱节**，市场预测和销售订单信息没有有效传递给生产，导致生产计划滞后或者库存不合理。特别是在电子陶瓷这样技术驱动的行业，中小企业往往强调研发生产，忽视市场数据收集分析，结果新品开发与市场需求可能脱节。还有**报价和定价缺乏数据支撑**，成本核算不精细、竞争情报不足，使得营销决策凭经验居多。

转型策略：强化**营销管理数字化**，开拓全渠道市场并实现销售闭环管理。首先，建设**客户关系管理（CRM）系统**：将客户基本信息、历史询价订单、跟进记录集中管理。销售人员在拜访或沟通后及时录入要点，管理层可随时查看销售漏斗进展，预测销售额。对于电子陶瓷客户（多为电子厂商），记录其采购周期、质量要求等有助于提供个性化服务。CRM还能设置**提醒**，如定期提醒销售联系长期未下单客户、或在客户生日发送祝福，加深关系。其次，**数字化营销渠道拓展**：中小企业应建立专业的企业网站，展示产品型号、应用案例和技术优势，结合搜索优化吸引潜在客户。积极运用工业品电商平台（如阿里巴巴工业站等）发布产品信息，获取询盘。在微信、领英等社交媒体发布企业动态、研发成果，逐步打造行业品牌形象。对于重点客户群，可以通过在线研讨会、技术论坛等数字方式推广，如举办线上新产品发布会、直播演示陶瓷器件性能等，扩大影响面。第三，运用**数据分析指导营销**：通过数字化工具分析客户行为和市场数据。例如分析过去一年不同类型客户的订单频次和平均价值，找出高价值客户特征以便精准营销；利用网络数据监控行业关键词和竞品动态，及时调整策略。第四，**营销与生产协同**：建立销售-生产协作机制，例如CRM或ERP中客户订单和预测可以共享给生产计划部门，这其实也是数字化转型的一部分（销售和运营计划S&OP）。这样一来，营销承诺的交期更符合生产实际，市场需求的变化也能尽早反馈到采购和生产，减少库存与缺货。数字化使这种跨部门协同成为可能。

技术方案与实施要点：选择**CRM系统**是营销数字化的关键起点。市面上有适合中小企业的CRM SaaS，可以快速上手。实施要点：务必**全员使用**，规定销售相关人员必须在CRM中记录客户沟通和商机进展，避免系统成“资料库”无人更新。管理层带头使用CRM查看报表，才能推动落实。**数据导入**方面，初期可将历史客户Excel导入CRM，梳理分类标签（如按行业、地区、规模分类客户），方便后续针对性营销。对于品牌推广，需要**建立专业内容**，可能需要培训或引入市场推广人才，制作高质量的产品手册、应用笔记等发布在数字渠道，提升可信度。官网要定期更新内容并关联社交媒体账号，形成联动。电商平台运营要学习平台规则，优化产品信息关键词以获得更多曝光。**营销自动化**也是值得探索的，如设置自动邮件或微信推送，在客户完成某动作（如下载资料）后数天内自动跟进问候，提高转化率。确保营销数字化过程中**与其他系统连接**：CRM应与ERP打通，成功订单可以一键转成销售订单，避免重复录入；CRM里的客户财务、信用信息可从财务系统获取，销售时有据可依。不容忽视的是**数据安全**，客户资料是商业机密，系统应设定权限和备份机制，防范泄露。

行业案例与政策指引：浙江某电子陶瓷创业公司上线CRM并加强线上推广后，在细分市场迅速打开局面。借助数字营销，他们通过官网获取了国外客户询盘，成功进入欧美某知名电子企业供应链，实现销售额大幅增长。CRM系统也帮助他们有效管理经销商和直销客户，避免了渠道冲突。另一家传统陶瓷企业通过微信公众号发布技术文章，吸引了一批行业粉丝，转化为客户的比例逐年提高。宏观来看，国务院促进中小企业发展的政策中提到“**市场开拓**”和**数字经济的结合**，鼓励中小企业利用互联网拓展市场³⁵。数字化营销被视为中小企业转型升级的重要方向之一³⁶。对于电子陶瓷这些专精特新领域企业，善用数字营销既能广泛触达专业客户，也能树立技术领先的品牌形象。中小企业应当转变思路，充分利用数字工具讲好自己的“陶瓷故事”，在全球产业链中找到更多机遇。

工艺设计

现状与痛点：工艺设计是电子陶瓷产品研发和生产衔接的关键环节，涉及材料配比、成型工艺、烧结曲线等核心技术。当前不少中小企业在工艺设计上依赖少数专家经验，**缺乏数字化支撑和知识积累**。痛点有：**配方工艺数据碎片化**，不同产品的原料配比、研磨工艺、烧成温度等数据散落在个人笔记本或Excel中，没有形成统一数据库，试验数据往往重复采集却未充分利用；**试制周期长、成本高**，新产品或工艺往往需要多轮试验才能确定最佳参数，因为没有模型预测或历史数据参考，只能摸索，导致试产反复、多次失败耗费大量材料和时间²⁸；**工艺变更难追溯**，当工艺需要调整（比如粉末粒度分布调整、烧结保温时间改变），往往没有正式变更流程和版本管理，车间执行的工艺可能不是最新优化的，或对比不了调整前后的效果差异。对于电子陶瓷这样对工艺敏感的行业，工艺设计数字化不足会阻碍产品性能提升和成本降低的进程。

转型策略：推进工艺设计数字化和知识化，建立企业“配方工艺大脑”。首先，实施**工艺数据管理（PLM系统）**：将陶瓷产品的配方、工艺路线、工艺参数标准等录入PLM或工艺管理数据库，实现集中管理³⁷。构建陶瓷产品的工艺数据模型，围绕配方、工艺参数、检测标准三个方面详细定义产品生产过程中各阶段的物理化学属性变化³⁷。这样企业就拥有了完整的工艺数字档案，可随时查询某产品的全套工艺条件。其次，**试制过程数字化**：在新产品研发试制时，通过系统实时采集试验过程数据，如试制批次的配方配比、烧结温度曲线、测试结果等，沉淀形成可检索的数据库³⁸。通过对多次试验数据的比对分析，快速找出影响产品性能的关键因子，优化工艺版本³⁸。这一数据驱动的研发模式，可大幅提高产品研发效率，将过去依赖经验反复试的过程转变为以数据决策为依据³⁹。第三，**工艺仿真和CAE**：有条件的中小企业可引入仿真软件，对部分工艺进行模拟。例如利用烧结过程模拟软件预测不同温度曲线对制品致密度的影响，或者用混合均匀性仿真优化球磨时间。这些数字化仿真手段可在计算机上筛选出较优范围，再少量试验验证，从而减少试错成本。第四，**工艺变更和版本控制**：建立严格的工艺更改流程，新工艺方案需在PLM中审批并形成新版，以电子方式及时通知生产和质量部门执行。从此每个产品都有工艺版本历史可查，若出现异常能追溯采用过的工艺参数变化情况，避免混乱。同时，如果客户特殊要求定制工艺，也可在系统中为该批次设定专属工艺，保持批次管理精度。

技术方案与实施要点：部署**产品生命周期管理（PLM）系统**或工艺配方管理软件来管理工艺设计数据。实施要点：整理现有散落的配方、工艺文件，批量导入系统，按照产品结构和工序流程建立数据关联（例如某产品包含陶瓷配方A、烧结工艺路线X、检验标准M）。需要定义**权限**，对核心配方数据严格控制访问，防止泄露。PLM系统应与MES/ERP集成，使工艺数据能向下传递：当MES接到生产任务，可提取PLM中当前版本工艺参数指导生产³¹。同时MES采集的实际工艺执行数据也可反馈回PLM用于分析。**试验管理**模块也重要，在系统中建立试验项目，如记录一系列试制的变量与结果，支持统计分析和报告输出。**版本控制**则要求使用者规范操作，每次更改参数须新建版本并注明变化点和原因。还可考虑**引入AI辅助**：将历史工艺数据和产品性能数据交给机器学习模型训练，未来给出工艺优化建议（这对数据量要求高，但可以逐步探索）。实施工艺数字化还需要转变研发人员观念，从凭个人经验转为依赖数据说话，鼓励团队把隐性知识显性化录入系统，形成企业资产。

行业案例与政策指引：某先进陶瓷小巨人企业与科研院所合作建立了配方工艺管理平台，收集了过去10年上百种配方和工艺试验数据。通过数据挖掘，他们发现在一类陶瓷材料中，微量掺杂元素B的含量与烧结收缩率呈线性相关，进而优化了配方稳定性，使产品良品率提升2%。**航天云网广东公司开发的陶瓷行业PLM**则提供了成功范例：其PLM构建了陶瓷产品配方、工艺参数、检测标准的数据模型，支撑了数字研发过程³⁷。试制全过程数据沉淀帮助研发人员由“经验试产”转向“数据优化试产”，显著提高了研发效率³⁹。国家层面，“工业强基工程”鼓励材料和工艺数据库建设，工信部在专精特新企业辅导中也提倡加强工艺技术积累，利用数字手段固化经验。电子陶瓷中小企业应利用自身专业优势，尽早建立工艺数字化体系，这将有助于保持技术领先，提高产品一致性，并容易通过各类高新、专精特新的认定（因为有扎实的技术管理能力）。长期看，掌握大量工艺数据和经验的企业，还可能孕育出原创技术和专利，在产业链中获得更高的话语权。

产品设计

现状与痛点：产品设计主要指电子陶瓷元件的新产品开发和工程设计，包括结构设计、性能设计及与客户应用的适配。中小企业在产品设计环节的数字化相对滞后，存在**设计工具落后、协同不足**的问题。痛点如：**设计手段以经验为主**，一些企业没有使用CAD/CAE等现代设计工具，开发新产品更多靠试制调整，缺乏在虚拟环境中验证优化的过程；**研发与工艺、市场脱节**，设计人员有时闭门造车，没有及时获取生产工艺能力的信息（导致设计方案生产困难）或客户需求变化的信息（设计不贴合实际应用），造成研发试产迭代次数多、上市时间长；**设计数据管理不规范**，图纸、规格书散存在个人电脑，版本混乱，工程更改没有统一记录，容易出现生产按旧版图纸制造或客户拿到错误版本规格的情况。对于电子陶瓷器件，如多层陶瓷电容、陶瓷滤波器、蜂鸣片等，产品设计涉及电性能与结构并重，如果数字化手段不足，性能预测难以准确，只能依靠多轮样品测试来调试，效率低下。

转型策略：提升**产品设计数字化水平**，实现研发协同和虚拟验证。首先，普及**CAD/EDA/CAE工具**：根据产品类型，选用合适的软件进行设计绘图和仿真。例如结构简单的，可用3D CAD绘制产品模型，复杂的如滤波器或天线基板，可用电磁仿真软件（EDA）模拟其高频特性，压电陶瓷器件可用有限元分析模拟其模态。通过仿真，在电脑上预估性能，筛选出较优设计方案，再制作样品验证，可明显减少反复试错。其次，**建立设计数据管理平台**：利用PDM（产品数据管理）或与PLM结合，将所有设计图纸、模型和技术文件集中管理。对外发布的规格书、版本号由系统统一生成，避免各部门拿到不一致的文件。设计修改必须通过变更流程，让生产、采购、质量等相关方知悉。例如材料替换或尺寸改变，要走电子流程评审并在系统中记录批准，这样历史设计变更都有据可查。第三，**研发协同**：加强设计部门与其他部门的信息互通。可在数字平台上实现协同评审，如新品设计完成后邀请工艺工程师、制造、质量人员在线审图，提前发现不可制造或风险点，将DFM（面向制造设计）和DFA（面向组装设计）思想融入设计阶段。这种跨部门数字协同减少后期返工。对于ODM/OEM模式的电子陶瓷公司，还可与客户通过数字手段协同，比如通过三维模型或参数仿真数据与客户确认性能，避免纸上沟通误差。第四，**模块化和知识复用**：利用数字化平台积累设计模块，如常用的陶瓷结构、尺寸、公差等，以库的形式提供给设计师复用，提高标准化程度。将老产品设计经验和注意事项文档化，在新产品立项时系统自动提示类似项目曾遇到的挑战和解决方案，减少重复犯错。

技术方案与实施要点：产品设计数字化需要**设计工具软件**和**数据管理平台**相结合。实施要点：购买或订阅适当的软件（CAD/CAE/EDA），同时培训研发人员掌握使用，并将仿真结果纳入评价流程。选择**PDM/PLM系统**管理设计资料，要设定清晰的文档分类和权限，确保机密设计只有相关人员可访问。**版本控制**要严格执行，系统赋予每版图纸和文件唯一ID，废止的版本归档保存不误用。推动**跨部门协同**可能需要流程制度配合，例如规定每份新产品图纸必须有工艺、质量部门电子签字通过系统才能生效。可以引入**数字样机**和**数字孪生**理念，在产品尚未量产前就建立虚拟模型，对其在使用环境中的表现做模拟（如温度冲击对陶瓷元件参数的影响等），提前发现潜在问题。对于这一点中小企业可借助外部科研机构的力量，共建仿真模型。最后，要培养**数字化研发文化**，鼓励工程师依赖数据和软件决策，同时让他们意识到提交和维护数字档案是工作的重要部分。

行业案例与政策指引：北京某电子陶瓷公司开发高频介质陶瓷元件时，应用了电磁场仿真软件优化产品结构，使得首版样品的介电性能就非常接近目标，大大减少了试制次数，加快了产品上市。广东一家公司则利用有限元分析优化了陶瓷谐振器的形状，使应力分布更均匀，提高了可靠性。应用仿真后，产品可靠性测试通过率提高了15%。这些实例如今在“数字化研发设计”领域并不少见。《制造业数字化转型行动方案》也强调要利用数字技术加强研发设计，提出发展数字孪生、仿真设计等新技术应用。针对专精特新中小企业，政府鼓励其在细分领域加快采用设计仿真工具，提高创新能力。电子陶瓷企业技术底蕴深厚，若能借助数字化工具，将经验与计算融合，定能迸发更强研发实力。与此同时，通过PLM/PDM规范产品数据，也可为企业申报各类质量管理体系和创新项目加分。总而言之，中小电子陶瓷企业应将数字化贯穿于产品设计全过程，缩短研发周期、降低开发成本、提升产品性能，抢占市场先机。

