 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i5.10542

Research on the Construction of Industrial Integration System for Intelligent Terminal Product Design and Manufacturing

Mingbo Ma

Pacific Cyber Manufacture Technology Co., Ltd.

Abstract

In response to the systematic mismatch problem in the transformation of intelligent terminal products from research and development to mass production, this paper proposes a method for constructing a design manufacturing industry integration system. This system breaks through the limitations of traditional single link optimization and regards product definition, industrial design, software hardware collaboration, manufacturability design, quality reliability, and compliance certification as highly coupled system engineering. Firstly, clarify the connotation and theoretical logic of the integrated system, then build the core architecture from four dimensions: requirement design coupling, software and hardware architecture collaboration, mass production quality closed-loop, and compliance supply chain guarantee. Finally, explain the data-driven dynamic optimization and cross functional collaboration path, providing a supporting paradigm for high-quality development.

Keywords

intelligent terminal; Industrial integration system; Soft hard collaboration; Manufacturability design

智能终端产品设计制造工业集成体系构建研究

马明博

摘要

针对智能终端产品从研发到量产转化中存在的系统性失配问题，本文提出设计制造工业集成体系构建方法。此体系突破传统单一环节优化局限，把产品定义、工业设计、软硬协同、可制造性设计、质量可靠性及合规认证看作高度耦合的系统工程。先明确集成体系内涵与理论逻辑，再从需求设计耦合、软硬架构协同、量产质量闭环、合规供应链保障四个维度搭建核心架构，最后阐述数据驱动的动态优化及跨职能协同路径，为高质量发展提供支撑范式。

关键词

智能终端；工业集成体系；软硬协同；可制造性设计

1 引言

随着智能终端向高集成度与边缘计算方向演进，产品设计的复杂性显著增加，传统开发模式已难以适应现代制造要求。当前产业普遍面临研发停留于“原型可用”阶段的瓶颈。在向规模化稳定交付转化时，因设计未耦合制造逻辑，软硬件未实现一体化协同，合规要求未前置融入，极易导致量产良率失控与成本结构失配。构建全链条的设计制造工业集成体系已成为突破该瓶颈的紧迫需求。本研究旨在丰富系统工程与制造服务交叉领域的理论体系，为提升量产良率、缩短交付周期、降低工程返工风险提供实践指导，进而建立一套可验证、可复制的工业集成体系框架。文章基于系统论方法，沿“内涵界定—架构构建—机制分析”的逻辑主线，结合跨学科工程整合视角展开系统论述。

【作者简介】马明博（1978–），男，中国吉林长春人，硕士，从事智能终端产品设计及制造服务领域研究。

2 智能终端设计制造工业集成体系的内涵与理论逻辑

2.1 工业集成体系的核心内涵界定

智能终端设计制造工业集成体系并非研发与生产环节的简单物理拼接，而是跨学科技术能力、系统工程能力与

制造转化能力的深度化学耦合。智能终端高度集成感知交互与边缘计算功能，其开发过程必须在市场需求、技术路线、供应链约束与法规标准等多重维度间寻求动态平衡。工业集成体系的核心价值在于打破传统职能边界，将产品定义、架构设计、工艺规划与质量管控纳入统一框架。这种深层次耦合旨在构建一个可验证、可量产、可迭代的工程闭环。在闭环内，设计意图可无损转化为制造现实，工艺偏差能够逆向驱动设计优化。集成体系不仅关注单一产品功能的实现，更强调在规模化交付过程中对成本边界、性能指标与系统可靠性的统筹兼顾，从而将复杂的系统工程能力转化为标准化的制造服务输出。

2.2 传统研发制造模式的系统性局限

传统研发制造模式存在系统性局限，表现为串行式开发与孤岛式协同。工业设计往往脱离结构强度与热管理等工程约束，导致概念方案缺乏落地性。硬件架构常忽视供应稳定性与替代料策略，埋下生命周期失控隐患。软件与硬件研发彼此割裂，固件烧录严重滞后于量产节拍。离散化运作割裂了产品从概念到交付的内在逻辑。系统性失配的根源在于缺乏全生命周期协同能力。各环节仅追求局部最优，未建立跨阶段的风险传导机制，致使样机向规模量产转化时出现良率骤降与频繁返工。

2.3 集成体系构建的理论逻辑

构建工业集成体系具备严密的逻辑基点。体系以用户场景与商业目标为需求起点，将市场诉求转化为可度量工程规格。体系以工程约束与可制造性为转化边界，要求设计服从工艺稳定性与供应链韧性，确保技术路线具备量产可行性。体系以质量合规与数据闭环为交付底线，将标准认证前置融入研发流程，依托数据反馈驱动持续迭代，保障产品全寿命周期的合规性与可靠性。

3 智能终端设计制造工业集成体系的核心架构构建

3.1需求驱动与工程约束下的产品定义及设计集成

3.1.1 场景化需求的精准转化与规格度量

智能终端的设计起点必须建立在对目标用户行为、使用环境与行业痛点的系统研究之上。场景化需求分析要求专业团队穿透模糊的市场诉求，将其拆解为清晰的任务链路。这一转化过程需要对应用边界与商业目标进行精准度量。智能终端高度集成移动互联与边缘计算能力，其规格定义不再是单纯的功能罗列，而是要在性能表现、功耗控制、体积限制与散热效能之间建立科学的权衡模型。通过需求抽象与优先级排序，工程人员能够将主观的用户体验诉求转化为可验证、可实现的硬件参数指标。技术可行性评估在此环节起到关键约束作用，确保产品路线规划既具备市场竞争力，又符合物理定律与工程边界，避免后续开发陷入系统性失配。

3.1.2 基于工程约束的工业设计耦合

工业设计在智能终端开发中并非脱离制造逻辑的纯粹审美表达，而是以工程约束为基础的体验设计。终端产品作为高频交互载体，其外观形态、握持感与接口布局直接影响用户评价。设计人员必须深刻理解显示模组、摄像头、传感器阵列及无线通信模组对产品形态的反向约束。优秀的工业设计方案需要兼顾视觉识别与品牌一致性，同时严格服从结构强度、装配公差、天线净空区及热管理通道等工程条件。材料选择与工艺实现必须无缝衔接，确保概念方案具备真正的落地性。将声学体验、触控反馈与可维护性融入形态设计，能够在材料、结构与交互之间实现高度统一，保障产品在满足审美需求的同时达到预期的防护等级与制造良率。

3.2软硬一体化与系统集成架构

3.2.1 多模块协同的硬件架构优化

智能终端硬件架构涉及处理器、存储器、射频模块、电源管理及传感器阵列等多个复杂子系统。任何单一模块的选型变更均可能在系统层面引发连锁反应。系统集成能力的高低直接决定终端能否从原型阶段跨入规模化稳定交付阶段。专业团队需要依托综合知识储备，在信号完整性、电磁兼容及电源完整性层面进行深度架构优化。高集成度与小型化趋势要求硬件设计必须前置考虑热扩散路径与故障诊断机制。在架构规划初期融入器件供应稳定性评估与封装兼容性分析，制定科学的替代料策略，能够有效避免因单点器件缺货而导致的产品生命周期失控，确保系统性能与成本结构的长期平衡。

3.2.2 软硬深度协同的固件工程能力

现代智能终端制造服务已彻底脱离纯硬件外包模式，演进为软硬一体化的复杂工程。软件与固件被视为同一产品系统的两种表达形式，其协同深度直接决定了产品的市场竞争力。固件工程能力涵盖操作系统适配、底层驱动开发、通信协议栈实现及安全启动机制。设备身份认证与日志诊断系统构成了产品生命周期内可维护性与可扩展性的基础。缺乏软件工程支撑的制造服务商难以应对量产阶段的参数批量配置、整机测试校准与固件自动化烧录。空中下载技术升级机制的引入使得产品在交付后仍具备功能迭代与漏洞修复能力。软硬件协同闭环确保了远程缺陷追踪的精准性，大幅提升了规模制造服务的工程价值。

3.3 面向规模化量产的可制造性与可靠性集成

3.3.1 贯穿研发全周期的DFX工程方法

智能终端从研发样机跨越至大批量量产面临工艺稳定性与良率控制的严峻考验。两者核心差异并非简单的数量放大，而是对工程化与产业化导向的极致要求。面向制造的设计能力要求在研发初期同步考虑装配路径规划、工装治具开发与测试点布局。贴装可达性与维修便利性评估能够大幅降低返修风险。通过系统引入可制造性设计、可装配性设计与可测试性设计等工程方法，设计团队能够提前识别并消除螺丝固定方式不合理、胶粘工艺缺陷及卡扣疲劳等隐患。公差堆叠分析与结构干涉检查将设计意图转化为高良率、低返修的量产现实，从源头切断因工艺隐患导致的经济性丧失。

3.3.2 覆盖多重应力场景的可靠性验证体系

质量管理与可靠性验证构成智能终端制造服务最核心的专业门槛。终端产品在真实环境中需承受跌落、振动、温湿度循环、静电及电磁干扰等多种复杂应力。长时充放电、接口插拔与按键寿命考验要求建立覆盖设计验证、工艺验证、来料检验、过程检验及出货检验的全流程质量体系。可靠性验证不再局限于基本功能测试，而是深度延伸至整机软件稳定性、传感器一致性及通信鲁棒性评估。工程试验需与统计分析工具深度结合，对长期退化特征进行量化建模。严格的失效分析闭环机制确保任何偏离标准的现象都能追溯至根本原因，保障产品在规定寿命周期内保持可接受的性能水平。

3.4 法规前置与供应链韧性的保障集成

3.4.1 认证路径规划与数据安全合规

智能终端进入全球市场必须跨越显著的标准合规与认证门槛。不同国家和地区的法规在电气安全、电磁兼容、无线通信及环境保护方面存在显著差异。专业团队需在产品定义初期规划认证路径，将测试方法与标识规范前置至设计输入阶段，杜绝样机完成后的被动修补。随着终端深度参与数据采集与身份识别，网络安全与数据合规成为不可回避的刚性约束。针对个人信息与工业数据保护需求，体系需从硬件加密引擎、固件安全启动、访问权限控制、升级验证机制及日志管理等方面构建系统级防护。合规性内化为设计基因，确保产品实现合法合规的规模化交付。

3.4.2 动态风险预警的供应链协同管理

智能终端价值链横跨芯片、显示、结构件及电池等海量环节，供应链韧性直接决定了工程项目的存亡。关键元器件的交期波动、质量偏差或价格突变均会打破既定的项目节奏与成本结构。专业制造服务要求建立动态风险预警机制，实施科学的多源采购策略。物料清单版本控制与替代料交叉验证能力是抵御断供风险的核心屏障。库存策略需与生产节拍精确匹配，避免呆滞物料占用资金。跨部门协同的项目管理机制能够以刚性执行的里程碑控制变更流程，使研发、采购、生产与质量在同一节奏下推进。这种系统级供应链协同保障了复杂终端产品在多变环境下的准时交付。

4 工业集成体系的运行机制与协同路径

4.1 基于全生命周期数据的动态优化机制

4.1.1 生产与测试数据的逆向驱动

现代制造服务依赖数据闭环实现持续迭代。制造执行系统与自动化测试工装构建了全景数据采集网络。深度挖掘测试点与过程检验记录，可精准识别工艺偏差与性能漂移。基于数据的量化分析打破经验排查局限，使虚焊风险、公差堆叠及贴装偏移问题显性化。生产测试数据转化为逆向驱动力，直接反馈至研发端进行图纸修正与工艺参数调优，从根源消除批量性质量隐患，实现从制造结果向设计源头优化的反向传导。

4.1.2 用户使用场景数据的迭代反馈

智能终端具备天然联网特性，其交付恰是生命周期数据反馈的起点。通过构建远程运维平台与售后追踪体系，可实时捕获产品在真实场景下的运行状态。海量数据经清洗与特征提取，能够建立精准的产品退化特征模型。该模型量化评估传感器衰减、电池老化及通信鲁棒性演变规律。深度反馈彻底打通了使用场景与研发定义的壁垒，为下一代产品的需求抽象与技术路线规划提供数据支撑，使迭代演变为基于真实验证的科学闭环。

4.2 跨学科复合型人才与矩阵式组织协同

4.2.1 知识跨越与专业能力重构

工业集成体系运转高度依赖复合型组织能力。智能终端多维耦合特征决定单一学科难以应对复杂工程约束。体系要求打破传统认知壁垒，实现深度知识跨越。工业设计师需具备电子工艺基础，确保形态创意符合贴装逻辑。硬件工程师需理解结构应力与热传导约束，避免系统干涉。质量人员不仅要掌握检验手段，更需透彻理解底层标准体系与使用场景。全维度专业能力重构使团队具备跨域对话能力，成为维系工程闭环的核心人力资本。

4.2.2 矩阵式跨职能协同机制

复杂系统工程落地需匹配相适应的组织形态，打破职能部门孤岛效应。矩阵式跨职能协同机制将研发、采购、生产、质量与认证纳入统一项目轨道。在此机制下，设计变更需经多维度交叉影响评估，确保局部调整不引发全局成本失控或良率波动。统一的问题闭环流程规定了隐患识别、根因分析到纠正措施落实的标准化路径，杜绝问题在部门间推诿滞留。该协同路径有效聚合跨学科资源，保障技术风险与商业边界在统一节奏下得到严密管控。

5 结论

智能终端设计制造的专业性不在于单一环节的“精”，而在于全链条的“通”。本文构建的工业集成体系，通过耦合产品定义、软硬协同、可制造性、质量合规与数据驱动机制，有效解决样机向规模量产转化的工程断裂问题，确立以系统工程为核心的制造服务新范式。伴随人工智能与数字孪生技术演进，未来体系将向虚拟验证与物理制造深度融合方向发展。后续研究可探讨人工智能在DFM自动审查与预测性质量分析中的应用模型，持续提升集成体系的智能化水平。

参考文献

[1] 王雅洁.全国政协委员郭御风：人工智能为集成电路带来巨大机遇[N].经济观察报,2025-03-10(007).

[2] 赵丽,陈磊.智能终端产品设计不得违反未成年人网络保护条例[N].法治日报,2025-12-15(008).

[3] 陈霏,庹先国,曾祥林,等.智能终端信息化装配管理系统设计与开发[J].现代电子技术,2021,44(22):51-55