

环境检测领域嵌入式设备研发与创新路径探究

吴长忠

山东 菏泽 247000

DOI:10.61369/ME.2025110033

摘要：环境检测领域嵌入式设备有独特技术特征，研发管理存痛点。硬件架构创新、软件系统优化可提升性能。迭代式需求管理、跨学科协同开发等能保障研发质量与进度。建立可靠性验证体系、持续集成部署方案利于质量控制。其在大气、水质监测中有创新应用，创新效益评价、标准化建设、产学研协同对推广应用重要，未来应沿技术创新路径持续发展。

关键词：嵌入式设备；环境检测；研发管理

Research and Innovation Path of Embedded Devices in Environmental Monitoring Field

Wu Changzhong

Heze, Shandong 247000

Abstract : Embedded devices in the field of environmental detection have unique technical characteristics, and there are pain points in research and development management. Hardware architecture innovation and software system optimization can improve performance. Iterative requirement management and interdisciplinary collaborative development can ensure the quality and progress of research and development. Establishing a reliability verification system and continuously integrating deployment plans is beneficial for quality control. It has innovative applications in atmospheric and water quality monitoring, and innovation benefit evaluation, standardization construction, and industry university research collaboration are important for promotion and application. In the future, it should continue to develop along the path of technological innovation.

Keywords : embedded devices; environmental monitoring; R&D management

引言

随着环境保护意识的增强，环境检测的重要性日益凸显。2023 年颁布的《生态环境监测规划纲要（2023—2035 年）》为环境检测领域发展指明方向。环境检测领域嵌入式设备凭借独特技术特征在环境监测中发挥关键作用，然而其研发项目管理存在诸多痛点。通过硬件架构创新、软件系统优化、采用迭代式需求管理和跨学科协同开发等方式，能提升设备性能与研发效率。构建可靠性验证体系、实施持续集成部署方案可保障设备质量。此外，还需从标准化建设、产学研协同等方面推动其推广应用，以满足环境检测智能化发展需求。

一、环境检测嵌入式设备研发现状分析

（一）环境检测领域嵌入式设备技术特征

环境检测领域嵌入式设备具有独特技术特征。在传感器集成方面，需能整合多种类型传感器，如针对大气污染源监测，要集成气体传感器以精准检测二氧化硫、氮氧化物等污染物浓度；在水质监测时，集成酸碱度、溶解氧等传感器。这要求设备具备强大的兼容性与接口适配能力^[1]。数据采集精度至关重要，污染源成分复杂且含量差异大，设备需精确采集数据，比如精确到微克级别的重金属含量检测，为污染治理提供可靠依据。低功耗设计也是关键，因许多环境检测场景需设备长时间不间断运行，如野外无人值守监测站，低功耗能确保设备依靠有限能源长期稳定

工作，减少能源补给频率与成本，提升设备整体运行效率与可靠性。

（二）研发项目管理现状与挑战

在环境检测嵌入式设备研发项目管理方面，存在诸多亟待解决的痛点。需求变更频繁是一大难题，由于环境检测场景复杂且动态变化，新的检测指标、法规要求不断涌现，导致项目需求难以在初始阶段就准确界定，频繁变更给项目进度和成本控制带来巨大挑战^[2]。跨学科协作困难也较为突出，环境检测嵌入式设备研发涉及电子工程、环境科学、计算机科学等多学科领域，各学科团队知识体系和工作方式差异大，信息沟通不畅，协同效率低下。此外，测试验证周期长也是一大阻碍，环境检测设备对准确性和可靠性要求极高，需在多种复杂环境下进行长时间测试验

证，这无疑延长了项目周期，增加了研发成本与风险。

二、嵌入式设备技术创新路径

（一）硬件架构创新方向

在环境检测领域，嵌入式设备硬件架构创新意义重大。基于RISC-V的可重构处理器设计是关键方向。RISC-V指令集具有开源、灵活可定制的特点，能够根据环境检测设备的具体需求，如功耗、处理速度、数据精度等进行针对性的架构设计^[3]。这不仅有助于降低成本，还能提升设备对复杂环境检测任务的适应性。同时，通过合理部署边缘计算节点，优化硬件架构中的数据处理流程，减少数据传输延迟，实现实时性的环境数据处理与分析。此外，多模态传感器融合技术促使硬件架构创新，需设计能够高效融合不同类型传感器数据的硬件模块，从而更全面、准确地获取环境信息，提升环境检测嵌入式设备的性能与功能。

（二）软件系统优化策略

在环境检测领域嵌入式设备的软件系统优化策略方面，实时操作系统定制化开发至关重要。依据环境检测场景特点，对操作系统内核进行精简与优化，去除不必要的功能，降低资源占用，提升系统运行效率^[4]。数据预处理算法优化也不容忽视，通过改进传统算法或引入新算法，提高数据采集精度，去除噪声与异常数据，增强数据可靠性，为后续分析提供高质量数据基础。此外，基于机器学习的异常检测模型轻量化实现方案，针对嵌入式设备资源有限的特性，采用模型剪枝、量化等技术，在不显著降低检测精度前提下，减少模型参数数量与计算量，实现模型在嵌入式设备上的高效运行，确保环境检测工作稳定、高效开展。

三、研发项目管理创新实践

（一）敏捷开发流程优化

1. 迭代式需求管理方法

在环境检测领域嵌入式设备研发中，迭代式需求管理方法至关重要。通过建立环境监测设备需求变更控制矩阵与多版本基线管理机制，实现对需求的精准把控。需求变更控制矩阵详细记录每次需求变更的提出者、时间、内容、影响范围及处理状态等，便于团队成员清晰了解变更情况，防止需求混乱^[5]。多版本基线管理机制则针对不同阶段的设备功能需求，确定相应的基线版本。随着研发推进，新需求不断融入，基线版本持续更新。每一个基线版本都作为后续开发的基础，确保开发过程有序进行，在满足环境检测不断变化需求的同时，保障设备研发的质量与进度。

2. 跨学科协同开发模式

在环境检测领域嵌入式设备研发中，跨学科协同开发模式是关键。构建电子工程、环境科学、数据科学多领域专家的知识共享平台与并行开发工作流十分必要。电子工程师可凭借其专业知识，设计高效稳定的硬件架构，为设备提供坚实物理基础。环境科学家则依据对环境检测需求的深刻理解，提出精准的功能要求，确保设备符合实际应用场景。数据科学家运用数据分析技

术，助力优化设备数据处理能力。通过知识共享平台，各领域专家可实时交流，打破学科壁垒，并行开发工作流能使不同环节同步推进，提高研发效率，避免传统串行开发的时间浪费，加速环境检测领域嵌入式设备的创新研发进程^[6]。

（二）全生命周期质量控制

1. 可靠性验证体系构建

在环境检测领域嵌入式设备的可靠性验证体系构建中，需设计科学合理的评估指标体系与实施规程。对于极端环境模拟测试，应明确诸如温度、湿度、压力等极端条件参数范围，考量设备在这些条件下性能的稳定性、数据采集的准确性等指标^[7]。通过模拟沙漠高温、极地低温等极端场景，检验设备能否正常运行。在长期稳定性监测方面，要设定设备连续运行时长、数据传输准确性与完整性等指标，制定定期巡检、数据对比分析等实施规程。持续监测设备在长时间运行过程中的各项性能，及时发现潜在问题，确保设备在复杂多变的环境检测场景下始终保持可靠，为全生命周期质量控制提供坚实保障。

2. 持续集成部署方案

在环境检测领域嵌入式设备研发中，持续集成部署方案对于全生命周期质量控制至关重要。建立自动化构建流程，将代码变更自动触发编译、测试等环节，确保每次代码提交都能快速验证是否符合质量要求。针对环境监测设备特点，优化测试用例，涵盖功能、性能、环境适应性等多方面，在持续集成中全面检测潜在问题。采用容器化技术，将应用程序及其依赖打包成容器，实现环境一致性，便于在不同环境中快速部署。结合远程固件升级管理策略，利用云平台等实现设备固件的远程更新。通过持续集成与部署，能够及时发现并修复问题，提升产品质量，保障环境检测嵌入式设备在全生命周期内稳定运行^[8]。

四、创新应用实践与效果评估

（一）典型应用场景案例分析

1. 大气污染网格化监测系统

在大气污染网格化监测系统中，基于新型嵌入式设备的大气参数分布式采集网络有着创新性应用。该系统将多个嵌入式设备部署于网格节点，实现对大气中多种污染物参数的实时采集。例如，在某城市的大气污染监测项目中，这些嵌入式设备能精准采集二氧化硫、氮氧化物等污染物浓度数据。通过分布式部署，可全面掌握区域内大气污染状况。经数据对比验证，该系统采集的数据与传统监测站数据高度吻合，误差控制在极小范围内^[9]。这一创新应用极大提升了大气污染监测的精细化程度和效率，为环境管理部门制定精准的污染防治措施提供了可靠依据，在实际应用中取得了显著效果，有力推动了大气污染监测领域的技术发展。

2. 水质在线监测终端开发

在环境检测领域，水质在线监测终端开发是重要一环。通过多参数水质监测设备的模块化设计实践，实现了各功能模块的灵活组合与高效协同。例如，将传感器模块、数据处理模块、通信模块等合理布局，提升设备整体性能。在典型应用场景下，该终

端被部署于河流、湖泊等不同水域进行现场测试。通过与传统监测方式的数据对比分析发现，新开发的水质在线监测终端在精度、实时性等方面表现出色。其对酸碱度、溶解氧等关键参数的监测数据与传统方法测量值高度吻合，偏差在可接受范围内^[10]。这一成果不仅验证了模块化设计的有效性，更为水质在线监测提供了更高效、准确的技术手段，推动了环境检测领域嵌入式设备在水质监测方面的创新应用。

(二) 创新效益评价体系

1. 技术性能提升指标

在环境检测领域嵌入式设备的创新效益评价体系中，技术性能提升指标至关重要。检测精度是衡量设备性能的关键指标，高精度检测能为环境分析提供准确数据，例如对空气中污染物浓度的精准测量，偏差应控制在极小范围内。响应速度决定了设备能否及时捕捉环境变化，快速响应可使检测人员第一时间掌握环境动态，比如在突发环境污染事件中能迅速给出检测结果。能耗水平关乎设备运行成本与可持续性，低能耗设备不仅降低能源消耗，还能减少对环境的二次影响。通过建立检测精度、响应速度、能耗水平等多维度量化评估模型，能全面、科学地评估嵌入式设备技术性能提升情况，助力其在环境检测领域更好地创新发展。

2. 项目管理效能提升

在环境检测领域嵌入式设备研发项目中，通过对比分析敏捷开发实施前后需求实现率、缺陷密度、交付周期等关键指标变化，评估项目管理效能提升情况。敏捷开发实施后，需求实现率显著提高，这得益于敏捷开发注重客户反馈，能及时调整开发方向，精准满足实际需求。同时，缺陷密度明显降低，是由于敏捷开发的频繁迭代与测试，使得问题能在早期被发现并解决。交付周期也大幅缩短，其高效的沟通机制与灵活的团队协作模式，减少了不必要的流程与等待时间，有效提升了项目整体交付效率。这些关键指标的积极变化，充分体现了敏捷开发在环境检测领域嵌入式设备研发项目管理中的效能提升，为项目带来显著创新效益。

(三) 行业推广应用路径

1. 标准化建设方向

在环境检测领域，标准化建设对于嵌入式设备的推广应用至

关重要。针对环境监测嵌入式设备，应提出通信协议的标准建议方案。统一设备间通信协议，确保不同品牌、型号的设备能实现数据交互与共享，提高系统兼容性。同时，规范数据格式也不可或缺，清晰定义数据的结构、编码方式等，使采集的数据更易被处理与分析。这不仅能提升环境检测工作的效率与准确性，还能促进整个行业的规范化发展。通过建立这些行业标准，为环境检测领域嵌入式设备的大规模应用奠定坚实基础，推动行业朝着标准化、规范化方向迈进，最终提升我国环境检测整体水平。

2. 产学研协同机制

在环境检测领域，产学研协同机制对嵌入式设备的推广应用至关重要。构建设备制造商、环境监测机构、科研院所的创新联合体运行模式，能充分整合各方优势资源。科研院所凭借科研能力，深入开展前沿技术研究，为嵌入式设备研发提供理论支撑与技术储备；设备制造商基于自身生产制造经验与工艺，将科研成果转化为实际产品，确保设备的稳定性与可靠性；环境监测机构则在实际应用场景中对设备进行测试与反馈，帮助优化设备性能，使其更贴合实际需求。通过这种紧密的产学研协同，加速嵌入式设备在环境检测行业的推广应用，提高整体行业的检测效率与质量，实现创新成果的快速转化与广泛应用。

五、总结

在环境检测领域，嵌入式设备的技术创新路径涵盖多方面，包括硬件架构优化以提升性能、传感器融合实现精准检测等；项目管理则需重视流程规范与资源高效调配。随着智能化、微型化发展趋势，边缘计算与 AIoT 的融合将是重要研究方向，可实现数据就地处理与智能决策，提升环境检测实时性与自主性。为适应新型环境监测需求，研发体系应优化，如加强跨学科合作，促进多领域知识融合；注重人才培养，打造具备综合能力的研发团队；强化与行业需求对接，确保研发成果实用落地，以此推动环境检测领域嵌入式设备持续创新，更好服务于环境保护与监测事业。

参考文献

- [1] 李雅典. 基于路径覆盖的嵌入式设备模糊测试技术研究 [D]. 中国科学院大学, 2021.
- [2] 蔡睿智. 基于嵌入式设备的布匹瑕疵实时检测系统 [D]. 华南理工大学, 2022.
- [3] 段路乾. 嵌入式设备固件安全检测关键技术研究 [D]. 北京工业大学, 2022.
- [4] 温杰. 基于 Linux 系统的嵌入式设备漏洞自动化检测技术研究 [D]. 西安电子科技大学, 2022.
- [5] 罗晶晶. 基于 4G 网络的嵌入式设备远程升级系统设计与实现 [D]. 吉林大学, 2021.
- [6] 刘坤明. 基于嵌入式设备的轻量级疲劳检测系统 [J]. 电子制作, 2022, 30(09): 24-26+6.
- [7] 张立国, 刘博, 孙胜春, 等. 基于嵌入式设备的 Anchor Free 行人检测 [J]. 计算机系统应用, 2021, 30(09): 302-308.
- [8] 李仁旺, 杨柳, 陈高曜, 等. 一种应用于嵌入式设备的指印活性检测方法 [J]. 浙江工业大学学报, 2023, 51(01): 32-37.
- [9] 高晨, 张峰, 朱佩玉. 非标方法开发在环境检测领域中的应用案例 [J]. 标准科学, 2021, (12): 145-148.
- [10] 程译瑶, 苑志宇, 陈耿, 等. 羊舍环境检测设备的研发与应用 [J]. 家畜生态学报, 2024, 45(08): 68-73.