

质量工程师在软件产品开发中的质量保证与测试策略研究

何振牒

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025080010

摘要：市政给排水工程特性决定其质量管控难度大，需结合传统与软件质量保证方法。质量保证工程师职能转型，借助软件测试思维和BIM技术进行风险预警。通过全生命周期质量保证模型把控工程软件质量，建立验证标准，应用压力、模糊测试等方法。还需重视缺陷预防、自动化测试等，利用多种技术提升质量，构建风险防控体系和预警平台。

关键词：市政工程；软件质量保证；风险防控

Research on Quality Assurance and Testing Strategies of Software Product Development by Quality Engineers

He Zhendie

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The characteristics of municipal water supply and drainage projects determine that their quality control and management are highly challenging, necessitating the integration of traditional and software quality assurance methods. The role of quality assurance engineers is undergoing a transformation, leveraging software testing thinking and BIM technology for risk early warning. By employing a full life-cycle quality assurance model to manage the quality of engineering software, establishing verification standards, and applying methods such as stress and fuzzy testing, the study also emphasizes the importance of defect prevention and automated testing. Various technologies are utilized to enhance quality, and a risk prevention and control system as well as an early warning platform are constructed.

Keywords : municipal engineering; software quality assurance; risk prevention and control

引言

2021年颁布的《关于推进城市地下市政基础设施建设的指导意见》旨在提升市政基础设施建设质量。市政给排水工程具隐蔽性、复杂性及规模庞大等特性，质量管控难度大，需创新管理方法。在此背景下，质量保证工程师职能转型，全生命周期质量保证模型、软件验证标准等在工程软件质量保证中愈发关键，压力测试、模糊测试等创新测试方法不断涌现，缺陷预防、工程变更管理等多环节也借助新技术实现优化，这些质量工程方法的创新应用助力市政工程高质量发展。

一、市政工程场景下质量工程师职能重构

(一) 市政给排水工程特性分析

市政给排水工程存在诸多独特特性。其具备隐蔽性，地下管网部分施工完成后多被掩埋，难以在后续轻易察觉内部质量问题，一旦出现渗漏等状况，检测与修复成本高且影响范围广^[1]。同时，系统复杂性显著，它涵盖取水、输水、净水、配水以及排水等多个环节，各环节相互关联、相互影响，任何一处的质量缺陷都可能连锁反应至整个系统，影响其正常运行。此外，工程规模庞大，涉及的地域范围广、建设周期长，这就使得质量管控面临更多不确定性因素。这些特性决定了市政给排水工程质量管控

难度大，传统工程管理方法虽有一定作用，但需与软件质量保证方法相互补充，以实现更高效、全面的质量保障。

(二) 质量保证工程师职能转型

在市政工程场景下，质量保证工程师职能正经历重要转型。传统质量保证多侧重于事后检验，如今需以软件测试思维进行革新。借助BIM技术构建应用场景，工程师要从项目初始阶段就深度参与，将风险预警融入日常工作。例如，通过对市政工程项目相关软件的模拟测试，提前察觉潜在问题，像道路施工模拟软件可预测施工顺序不当引发的工期延误风险^[2]。质量保证工程师需具备更强的前瞻性，以软件测试思维对工程全流程进行风险排查，精准识别如排水系统设计缺陷等质量隐患，不仅要确保工程

实体质量，更要通过创新应用在风险预警上发挥关键作用，实现从单纯质量把控到全面风险预防的职能转型，助力市政工程高质量推进。

二、工程软件质量保证体系构建

（一）全生命周期质量保证模型

全生命周期质量保证模型在工程软件质量保证体系中占据关键地位。此模型贯穿工程软件从需求分析、设计、编码、测试到维护的各个阶段^[3]。在需求分析阶段，质量工程师需精准把握用户需求，确保需求的完整性与准确性，避免因需求模糊导致后续开发偏差。设计阶段，注重架构的合理性与可扩展性，为软件质量奠定基础。编码过程中，通过代码审查机制，及时发现并纠正代码中的潜在问题。测试阶段，进行全面的功能、性能、安全等测试，保障软件质量符合标准。到了维护阶段，持续跟踪软件运行状况，及时修复出现的问题，不断优化软件性能。通过全生命周期质量保证模型，对工程软件进行系统性、全过程的质量把控，有效提升软件质量，满足工程项目对软件的高质量要求。

（二）市政工程软件验证标准

在构建市政工程软件验证标准时，需建立给排水工程数值模拟软件的精度验证指标体系。这一体系应能精准衡量软件在给排水工程模拟中的计算准确性、数据可靠性等关键性能。同时，要制定符合 GB50268 规范的软件测试验收标准^[4]。GB50268 作为市政给排水工程相关的重要规范，涵盖了工程施工、验收等多方面的要求，软件测试验收标准与之契合，可确保软件输出结果符合实际工程的质量、安全等需求。通过这样的验证标准，从精度指标衡量到依据规范验收，全方位保障市政工程软件的质量，为市政工程建设提供可靠的软件支持，提升工程整体质量与安全性。

三、跨领域测试策略创新应用

（一）工程软件测试方法论

1. 压力测试在管网承载模拟中的应用

在工程软件测试方法论中，压力测试于管网承载模拟存在关键应用。针对管网承载模拟，借助压力测试可精准评估管网在不同负载条件下的性能表现。通过模拟极端工况，构建管网失效模式数据库，这对分析管网潜在风险极为重要^[5]。例如，模拟高流量、高压力等极端情况，观察管网的承载能力与响应，研究多线程压力测试方案，利用多线程技术加快模拟进程，提高测试效率，且能更贴近现实中管网复杂的运行状况，全面检测管网在各种压力下的性能，为管网设计优化、运维管理等提供科学依据，实现跨领域测试策略的创新应用，助力工程软件质量提升。

2. 模糊测试在工程数据校验中的实践

在工程软件测试中，模糊测试可有效应用于工程数据校验。以 GIS 地理信息数据为例，通过向数据接口输入大量随机且格式符合要求的测试数据，模拟各种可能出现的实际数据情况，从而检测数据接口的鲁棒性。具体来说，针对 GIS 地理信息数据

特点，精心设计模糊测试用例，如对坐标数据的边界值、异常值等进行针对性模糊处理。通过这种方式，能发现数据接口在处理不规范或特殊数据时可能出现的错误，例如数据丢失、解析错误等。这不仅有助于提升工程数据接口的鲁棒性，还为工程软件的稳定性提供保障，对提升整体软件质量具有重要意义^[6]。

（二）测试驱动工程管理优化

1. 缺陷预防与工程风险关联分析

在软件产品开发中，质量工程师应重视缺陷预防与工程风险的关联。建立软件缺陷模式与工程事故的因果追溯模型，有助于精准定位缺陷根源，明确软件缺陷是如何引发工程事故的，从而从源头预防缺陷再次出现。通过该模型，可详细分析不同缺陷模式在工程流程中的演变及最终导致事故的路径。同时，量化测试覆盖率对施工风险的缓释效应至关重要。合理提高测试覆盖率，能有效检测出更多潜在缺陷，降低施工过程中的风险。研究表明，当测试覆盖率达到一定程度，工程风险会显著降低^[7]。这就要求质量工程师根据项目特点和风险评估，科学设定并提升测试覆盖率，以预防缺陷，优化工程管理，保障软件产品开发质量。

2. 自动化测试在工程变更管理中的应用

在软件产品开发的工程变更管理中，自动化测试扮演着关键角色。通过设计基于 Jenkins 的工程变更自动验证流水线，能有效实现设计变更与质量测试的实时联动^[8]。Jenkins 作为强大的持续集成工具，可配置一系列自动化测试任务，当工程发生设计变更时，流水线迅速启动。它会自动获取变更代码，依据预设的测试用例对变更部分进行全面测试，包括功能、性能、兼容性等。实时反馈测试结果，若发现问题及时通知相关人员，确保变更不会引入新的质量风险。这种方式不仅提高了工程变更管理的效率，更保证了软件产品在频繁变更中的质量稳定性，让质量工程师能更精准有效地把控软件质量，将质量保证融入到工程变更的每一个环节。

四、质量保证技术集成创新

（一）智能检测技术融合

1. 机器视觉在工程质量复核中的应用

在工程质量复核中，机器视觉技术凭借其高效、精准的特性，发挥着关键作用。开发基于深度学习的管道焊接质量图像识别系统，能有效提升复核效率与准确性。该系统利用机器视觉获取管道焊接部位的图像信息，借助深度学习算法对图像进行分析处理，快速识别各类焊接缺陷，如气孔、裂纹等^[9]。同时，构建缺陷特征知识图谱，将不同类型缺陷的特征信息进行整合与关联，为质量复核提供更全面、深入的知识支撑。通过机器视觉与深度学习的融合，在工程质量复核时可实现自动化、智能化检测，减少人工复核的主观性与误差，全面提高工程质量复核的可靠性，为确保工程整体质量奠定坚实基础。

2. 区块链技术在质量溯源中的实践

在软件产品开发的质量溯源环节，区块链技术发挥着关键作用。通过设计工程质量数据区块链存证方案，可将质量检测过程

中的各类关键数据，如代码审查结果、性能测试指标等，以加密的形式存储于区块链上。区块链具有分布式账本和加密算法等特性，确保数据一旦记录便无法被篡改^[10]。这使得在软件产品全生命周期内，从需求分析阶段到维护阶段，每个环节产生的质量检测数据都具备高度可靠性与完整性。当出现质量问题时，开发团队与质量工程师能够借助区块链的可追溯性，快速定位问题源头，追溯问题产生的具体环节与数据记录，精准分析问题成因，进而采取有效措施加以解决，有力保障软件产品的质量，提升其市场竞争力与用户信任度。

（二）工程知识管理系統构建

1. 质量缺陷模式知识库建设

质量缺陷模式知识库建设对于质量工程师在软件产品开发中实施有效的质量保证与测试策略至关重要。收集市政工程领域软件在过往开发过程中出现的各类缺陷数据，涵盖功能异常、性能瓶颈、安全漏洞等方面。对这些缺陷数据进行深度分析，提炼出常见的缺陷模式，如特定算法导致的计算错误模式、特定接口调用引发的兼容性缺陷模式等。利用知识图谱技术，将软件缺陷与工程质量问题相关联，以缺陷模式为节点，以引发因素、影响范围、解决措施等为边，构建结构化的知识库。如此，质量工程师在新的软件产品开发时，可快速检索相似缺陷模式，借鉴已有的解决方案，提前制定针对性的质量保证措施与测试策略，有效预防和减少同类缺陷的出现，提升软件产品质量。

2. 专家系统在质量决策中的应用

在软件产品开发的质量保证工作里，专家系统在质量决策中发挥着关键作用。该系统基于专家的经验知识和专业判断，对软件质量问题进行精准分析与决策。它通过收集、整理大量软件质量相关知识，构建知识库，当面临实际质量问题时，能快速从知识库中提取相关信息，为决策提供有力支撑。同时，专家系统还可结合规则推理机制，对各种质量数据进行深度分析，模拟人类专家的思维过程，针对不同质量状况给出科学合理的解决方案。借助专家系统，质量工程师能在复杂的软件产品开发过程中，更高效地做出质量决策，实现质量保证技术的集成创新，进一步提升软件产品的质量和可靠性。

（三）风险防控体系优化

1. 动态风险评估模型构建

为优化风险防控体系，构建动态风险评估模型至关重要。基

于蒙特卡洛模拟建立工程质量风险预测模型，实现软件测试指标与工程监测数据的集成创新。蒙特卡洛模拟通过对大量随机样本的模拟分析，能有效处理风险评估中的不确定性因素。将其应用于软件产品开发，可充分利用软件测试所获指标，如缺陷密度、测试覆盖率等，结合工程监测数据，像进度、资源使用情况等，精准预测潜在质量风险。此动态模型能随开发进程实时更新风险评估结果，使质量工程师及时洞察风险变化，提前采取针对性防控措施，保障软件产品开发的质量与进度，降低因风险处理不及时造成成本增加与质量下滑风险。

2. 质量预警机制创新

设计多源数据融合的质量预警平台是质量预警机制创新的关键。该平台整合来自软件开发生命周期各阶段的多源数据，包括代码质量指标、测试反馈数据、项目进度数据等。通过先进的数据挖掘与分析技术，深度剖析这些数据间的潜在关联，精准捕捉软件异常和工程风险的早期信号。利用智能算法对软件性能、功能稳定性等进行实时监测，当发现偏离正常范围的趋势时，及时发出协同报警。这种协同报警打破了传统软件异常与工程风险分别监测的局限，使得开发团队能够快速响应，提前采取措施修正偏差，有效预防质量问题的恶化，保障软件产品开发过程的稳定性与最终质量。

五、总结

质量工程方法在市政工程领域的创新应用成果显著，通过引入先进的质量理念和工具，提升了市政工程的整体质量与效率。例如，在道路桥梁建设中，运用质量功能展开方法精准定位用户需求，优化设计方案。同时，针对不同领域质量标准的差异，建立跨领域质量保证标准体系十分必要，这有助于打破行业壁垒，实现资源共享与经验借鉴。在智能建造的大背景下，质量工程师应积极进行数字化转型，利用大数据分析、人工智能等技术手段，实现对软件产品开发过程的实时监测与精准控制，确保软件产品质量，为行业发展注入新动力。

参考文献

- [1] 戴建峰. 中威公司“e路阳光”软件产品质量管理的提升策略研究 [D]. 兰州大学, 2021.
- [2] 费伟伟. 纯电动客车整车控制策略开发与硬件在环测试 [D]. 长安大学, 2021.
- [3] 王晶. A 公司 SaaS 软件产品营销策略研究 [D]. 贵州大学, 2023.
- [4] 邹燕. H 公司中控系统测试质量提升策略研究 [D]. 电子科技大学, 2022.
- [5] 杨小莹. YW 公司 IDDOV 控制的锂电池开发质量保证模式研究 [D]. 桂林理工大学, 2023.
- [6] 刘文, 张道泽, 王青, 等. 机载软件质量保证过程研究 [J]. 航空计算技术, 2021, 51(3):90–92, 97.
- [7] 朱馨, 陈桂良, 曹萌. 药品生产的数字化质量保证探索与实践 [J]. 中国医药工业杂志, 2022, 53(3):395–398.
- [8] 朱利民. 高校《软件质量保证与测试》课程改革探讨 [J]. 内江科技, 2023, 44(3):153–154.
- [9] 任荣. 软件质量保证与测试课程教学设计与实践 [J]. 中国教育技术装备, 2023(20):81–83.
- [10] 张金龙. 探讨软件测试技术的软件质量保证 [J]. 中国宽带, 2021(4):54.