

工程质量缺陷的成因分析及针对性防控策略

马胜明

中交第三公路工程局有限公司，河北省邢台市，055300；

摘要：研究就工程质量缺陷产生原因及防控策略展开深入剖析。通过剖析设计、施工、材料设备 3 个环节存在的质量缺陷，论述智能化、自动化、大数据、物联网等技术在质量管理方面的运用。结合数据分析提出行之有效的质量风险评估方法和有针对性的优化设计，施工管理与材料设备管控等防控措施。研究结果表明：采用先进的技术手段能显著提高工程质量并减少缺陷发生，保证工程项目高效顺利地完成。

关键词：工程质量；缺陷成因；防控策略；智能化技术

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.037

引言

工程质量的好坏直接影响着工程的安全性、经济性和可持续性。随着建筑行业的不断发展，质量缺陷问题也逐渐显露出来，并且产生的原因比较复杂，涵盖了设计、施工以及材料的诸多环节。设计阶段质量缺陷往往是由于设计不合理或者审查不充分等原因造成；在施工的过程中，人员的专业素养和管理的疏忽可能会对其产生不良影响；材料和设备的质量问题一样，也会影响到结构的稳定性和寿命。为解决上述问题，文章分析工程质量缺陷成因，结合数据分析和技术创新提出防治策略，旨在为工程质量管理提供理论依据和实践指导。

1 工程质量缺陷的主要成因

1.1 设计阶段的质量缺陷

设计阶段质量缺陷一般来自设计不合理，设计人员缺乏经验或者忽略工程实际需要等。设计上的失误、图纸上的不完善或者不符合施工现场要求的设计，常常会造成施工难度大，甚至出现返工现象^[1]。如设计方案没有充分考虑地质条件，气候变化或者安全标准，就会造成结构性问题。设计阶段技术审核不到位、质量管理不到位等问题也易漏掉潜在风险。依据现有的数据资料，大约有 30% 的工程质量问题与设计阶段有直接的关联，特别是在建筑结构和机电系统设计方面，缺陷的发生率相对较高。所以控制好设计质量对于工程项目整体质量非常重要，并且需要加强设计人员技术培训以及项目需求调研。

1.2 施工阶段的质量问题

施工阶段作为工程质量缺陷产生的主要根源，其成因多为施工工艺不够规范，施工人员技术不够娴熟或者施工管理放松等。施工过程质量问题可有混凝土浇筑不均、振捣不到位、自行加水、钢筋排距及接头位置不符合规范、拆模过早等，导致墙体出现裂缝、渗水、蜂窝

麻面及强度不到位等。根据统计资料，大约有 40% 的工程质量问题是施工过程中出现的，并且这些问题与施工团队的专业素养、现场的管理方式、使用的材料以及施工设备的状态有着紧密的联系。为降低施工阶段质量问题的发生，需加强施工过程质量管控、合理组织施工工艺流程、定期开展质量检查和考核、专业培训施工队伍。

1.3 材料与设备的质量问题

工程质量缺陷常常与所选材料、设备有直接关系。建筑材料例如水泥、钢材和混凝土，如果其质量不过关或者在运输和储存过程中没有维持合适的状态，都将给工程质量造成严重的影响。尤其对于高强度要求结构，质量较低的材料可能诱发承载能力不足，开裂或者腐蚀等。在设备上选用不合格品的机器或者仪器设备会造成施工效率低甚至设备失效，影响工程的进度与质量。根据数据显示，大约有 20% 的工程品质问题与所使用的材料和设备存在质量上的问题。所以对材料供应商进行严格甄别、保证设备正常运转、做好维护保养工作是促进工程质量提高的关键环节。

2 工程质量缺陷的风险评估与数据分析

2.1 质量缺陷的常见风险点

工程项目由质量缺陷派生出来的风险点表现为成本超支、工期延误、安全隐患和后期维修负担等。以项目中的复工返工为研究对象，数据表明，在全球的建筑工程项目中，返工成本平均约占到项目总成本的 5% 到 10% 之间。返工造成的工期拖延也是非常有风险的，现有资料表明返工率高于平均值后，平均成本增长可达到返工率^[2]。从安全角度来看，如果质量缺陷涉及到结构裂缝，混凝土蜂窝和强度不足，就会演变成安全事故或者重大维修责任而加大工程的风险敞口。这表明在风险评估时，应该优先确定返工成本较高，频次较多，并且

隐蔽性较好的缺陷种类，以便在作业阶段和数据采集时对其实施重点监管与监测。

2.2 基于数据的质量缺陷分析方法

对于质量缺陷进行评价和分析要依靠日常数据采集，从而进行统计分析和可视化呈现。先利用质量检查过程记录、缺陷修复成本、整改报告内容及监测数据构建缺陷出现的频率、时间阶段和整改成本等数据库。运用数据分析识别关键缺陷构建数据模型，对缺陷进行分类与排序，明确哪些缺陷对项目质量影响最大、整改成本最高。接着采用可视化工具，如柱状图、折线图、饼图等，将分析结果直观展示出来，使得项目管理人员能直观地把握缺陷风险的位置以及发展趋势。通过量化数据支撑，实时监控及可视化呈现等手段，实现质量缺陷预防与控制由经验判断向系统决策转变，使质量管理准确性与效率得到明显提高。

2.3 典型案例的风险评估数据分析

在众多工程项目中，典型缺陷案例提供量化分析的依据。例如，某大型土建项目调查显示，返工成本占合同价约6%。根因分析归纳出变更设计、施工工艺误用、材料偏差三大类。下表展示该项目中缺陷类别、次数和造成返工占比。

表1 典型项目返工数据分类情况

缺陷类别	次数(件)	占返工总成本比例
设计变更	18	35%
施工工艺误用	12	25%
材料偏差	13	23%

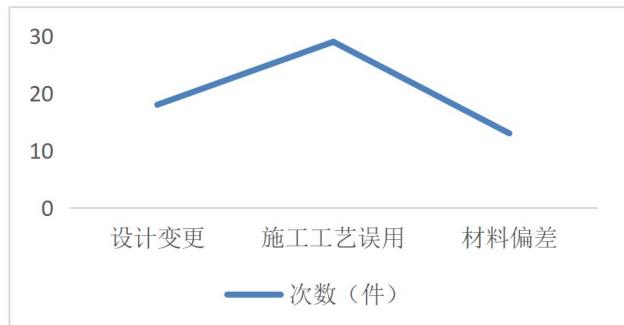


表1和图1基于某土建项目返工报告汇总，按缺陷类别统计各类别发生次数及其对应返工成本占比，为后续风险排序提供数据依据。从数据可见，虽然施工工艺误用次数有所减少，但其返工成本占比依然较高，这表明该类别的缺陷风险仍然显著。结合这一量化分析，项目管理团队能将资源优先投向施工工艺的规范化与工人技能提升，从而有效控制整体返工成本和风险敞口。

3 针对性防控策略

3.1 设计优化与质量控制

在设计阶段对其进行优化与质量控制是保证工程项目顺利实施的第一步。对其进行有效地设计优化，既能提高其安全性与经济性，又能降低其在后期建设过程中出现的各种问题。设计人员要对工程的地质、气候和使用需求进行深入的分析，保证设计方案的合理性和可实施性^[3]。同时现代建筑设计引入了先进的建筑信息模型技术(BIM)，使设计方案能通过数字平台验证，有效地避免了由于设计错误或者交流不畅而造成质量缺陷。根据数据分析，采用BIM技术之后，设计过程中的返工率能明显减少，这显著地降低施工过程中的潜在风险。从质量控制的角度来看，需要对设计文件及图纸进行审核，发现可能存在的缺陷及时进行修改。通过准确的设计优化及严格的审查能够有效降低设计阶段质量问题的发生，继而为之后的建设及运行奠定坚实的基础。

3.2 施工过程中的质量管理措施

施工阶段作为工程质量保障中至关重要的一环，在施工期间加强质量管理措施能有效地预防和控制各种质量问题。施工方案在制定与实施过程中一定要严格遵守设计图纸，凡与设计要求不符的修改均要审查通过。施工现场应当有专业质量管理团队定期进行质量检查、过程控制等工作，保证每个施工环节都达到技术标准。对于施工人员来说，技能培训是提升施工品质的关键步骤，尤其在高风险的施工环节，例如混凝土的浇筑和钢筋的绑扎等环节，有必要定期进行技能培训和考核。对施工设备的养护和维修也是不容忽视的，设备故障会造成施工工艺不过关，对工程质量造成影响。研究发现，在施工过程中通过加强质量管理和监督，能将施工阶段的缺陷发生率降低15%。通过在施工期间强化质量控制能够有效地避免由于施工不到位所造成质量缺陷问题，保证工程项目整体质量。

3.3 材料选择与设备管控的防控策略

材料及设备对工程质量有着重要影响，选材是否合格及设备是否稳定直接影响着工程项目质量水平。在选材上，要严格执行国家标准和行业规范，购买满足质量要求的建筑材料尤其是钢筋、水泥和混凝土等重点材料，必须进行可靠质量检测及供应商资质审查，以防物料不过关而造成结构性问题^[4]。在对设备进行管理时，必须确保用于施工的机械设备具有高质量和安全性。设备失效或者使用不当，都会造成施工进度拖延或者施工质量出现问题。所以在施工之前要对设备进行充分的检测，以保证设备性能的稳定性，并在施工期间要加强对设备日常的维护和定期维护，以免设备出现故障而导致施工中断或者达不到质量标准。研究表明：选用优质材料并保证设备稳定性，可有效降低因材料及设备带来的工程

质量问题并提高工程整体可靠性及耐久性。通过对材料进行科学选择以及对设备进行控制，能够对工程质量进行保障，降低由于材料和设备出现问题而导致的危险。

4 工程质量缺陷防控的前沿技术与创新

4.1 智能化与自动化技术在质量防控中的应用

智能化、自动化技术的运用正逐渐成为现代工程项目质量预防和控制的核心方法。通过集成传感器，机器人及人工智能，使施工现场质量监控及管理更准确，更有效。以智能化监控系统为例能实时采集到施工中的温度，湿度和混凝土强度的各种数据并利用自动化算法对这些数据进行即时分析，保证施工期质量指标一直达标。引进自动化检测技术后，在施工中可减少人为错误的发生，发现质量问题及时调整，以免返工及质量隐患扩大。智能化和自动化技术在提升质量管理效率时还对项目的安全起到保证作用。今后伴随着科技的进步，智能化与自动化技术必将对质量防控起到更大的促进作用，促使建筑行业质量管理步入智能化时代^[4]。

4.2 大数据与 AI 技术在质量管理中的创新实践

大数据和人工智能技术融合，给质量管理带来空前创新机遇。通过采集和分析海量历史项目数据，能帮助项目管理者发现潜在质量风险并做出有效预测和预警。大数据分析能将不同项目和阶段的信息聚合在一起，并通过数据挖掘来确定影响品质的关键要素^[5]。AI 技术被进一步应用于项目质量预测与优化，根据数据模型预测出项目实施时可能存在的质量问题并预先采取调整措施。随着科技逐渐走向成熟，AI 和大数据在质量管理领域的作用将日益凸显，提升工程质量控制的准确性和前瞻性。

4.3 现代质量监控手段与物联网技术的结合

将现代质量监控手段和物联网技术相结合，是工程质量防控新兴发展趋势。物联网技术将传感器接入互联网，可实现工程现场多种数据实时监测及远程管理。如施工现场布设的物联网传感器能对混凝土的强度，结构的位移等主要指标进行实时监控，数据能通过云平台存储与分析。该项技术既能第一时间检测出施工中存在的质量问题，又能远程诊断设备并预测故障，极大地减少因设备故障造成施工延误。通过物联网技术和质量监控系统相结合，能够对工程项目进行全方位数据化管理，进而提升质量防控精准度和响应速度。最新的数据表明，物联网技术的运用能将施工现场的质量问题的响应时间缩短超过 30%，显著提升了工程质量的保障能力。随着物联网技术不断向前发展，今后在工程质量防控方面

的作用也会愈加凸显。

表 2 工程质量防控技术应用表

技术类型	应用领域	技术应用比例 (%)
智能化监控	施工现场质量控制	40
自动化检测	自动化检测系统	25
大数据分析	数据分析与趋势预测	15
AI 预测	项目质量预测与优化	10
物联网监测	实时监控与设备管理	10

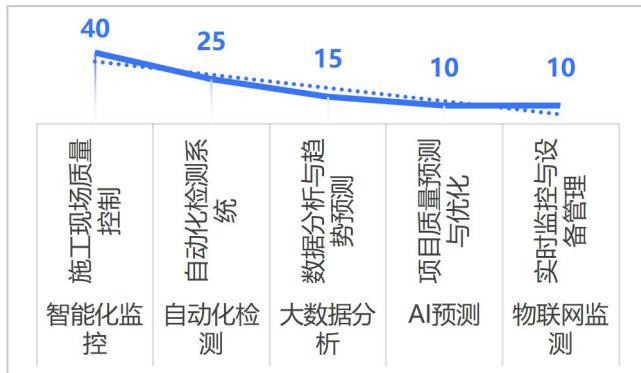


表 2 展示智能化与自动化技术、大数据分析、AI 预测与物联网监测等技术在建筑工程质量管理中的应用比例及对应的应用领域。

5 结论

工程质量缺陷产生的原因是复杂多样的，涉及到设计、施工、材料及装备等诸多方面。在质量防控方面，利用智能化和自动化技术能对施工过程进行实时的监测，发现和处理质量问题；大数据与 AI 技术融合为预测和优化管理提供新的思路，大大提高质量管理精度和效率；通过实时的监控和远程的管理手段，物联网技术进一步增强其质量保证的能力。将这些技术手段系统性融合在一起，工程项目质量控制就能实现由传统人工检查向准确高效智能化管理转变。今后随着科技的持续进步，工程质量防控工作会越来越准确和可靠。

参考文献

- [1] 张旭,高珊.建筑工程施工风险防范分析[J].前卫,2023(22):0132-0134.
- [2] 郑琼兰.建筑工程成本超支成因探析与防控策略研究[J].知识经济,2025(1):170-172.
- [3] 朱文静.建筑工程项目管理中施工现场管理优化策略分析[J].中国建筑装饰装修,2024(8):187-189.
- [4] 邵威.建筑工程经济管理影响因素及其管控策略探讨[J].企业改革与管理,2025(5):157-159.
- [5] 王坤.基于工程项目全生命周期的土建施工风险预测与防控[J].新疆钢铁,2025(2):161-163.