

铁路基础设施项目生命周期成本管理研究

朱丽军

中铁十一局集团西安建设有限公司

摘要：随着城市化进程的加速和交通需求的增长，铁路基础设施项目的规模和重要性日益凸显。为确保这些项目的经济可行性和可持续发展，生命周期成本管理成为研究和实践的焦点。本文对铁路基础设施项目生命周期成本管理展开研究，以便于为铁路基础设施项目的规划、建设、运营与维护提供有效的指导，促进交通系统的可持续发展，同时也为其他相关理论研究人员提供一定的参考价值。

关键词：铁路基础设施项目；生命周期；成本管理

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2023.11.116

引言

铁路基础设施作为国家交通网络的支柱，对经济和可持续发展的作用具有不可替代性。为确保铁路项目的稳健推进与高效运营，生命周期成本管理成为当今项目管理领域的研究热点之一。随着技术的进步、社会需求的不断变化以及可持续发展的迫切要求，对铁路基础设施项目生命周期成本的深入理解和有效管理显得尤为迫切。本研究旨在深入剖析铁路基础设施项目的生命周期成本，通过对项目各阶段成本构成的分析，全面评估成本影响的内外因素，以及提出优化策略，以增强项目的经济效益和可维护性。

一、铁路基础设施项目的定义

铁路基础设施项目是指涉及铁路建设、扩建、改造或维护的计划和实施过程。这类项目包括铁路轨道、车站、信号系统、电气设备、桥梁、隧道等各种组成部分。其目标在于构建高效、安全、可持续的铁路交通网络，以满足人们对快速、可靠、大容量的交通服务的需求。这些项目往往牵涉多个阶段，从规划和设计到建设和运营，需要全面考虑技术、经济、环境等多方面因素，以确保项目的成功实施和长期运行^[1]。铁路基础设施项目的定义不仅仅局限于单一的建设阶段，更强调其在整个生命周期内的可持续性和综合性管理。

二、铁路基础设施项目生命周期成本管理的重要性

（一）经济效益优化

生命周期成本管理有助于最大限度地优化项目的经济效益。通过全面考虑项目从规划、设计、建设到运营和维护的全寿命周期，可以更准确地评估和掌握各阶段的成本构成，从而在决策制定和资源分配上做出更明智的选择，以降低总体成本并提高项目的投资回报率。

（二）可持续发展

生命周期成本管理有助于实现铁路基础设施项目的可持续发展。通过考虑项目在运营阶段的维护和更新成本，可以确保铁路系统在长期内保持高效运行，延长使用寿命，减少对环境的负面影响，促进可持续交通发展。

（三）决策支持

生命周期成本管理提供了更全面的数据支持，为项目决策提供了更多的信息。管理者可以在项目的各个阶段做出明智的决策，从而更好地掌握项目的整体状况，及时调整战略，降低风险，确保项目的成功实施^[2]。

三、铁路基础设施项目生命周期成本分析

（一）项目规划阶段成本构成

在铁路基础设施项目的规划阶段，成本构成的深入分析对于确保项目的整体经济可行性至关重要。在这一阶段，首要的成本涉及项目的前期调研和规划设计，包括土地勘测、环境影响评估、可行性研究等方面的费用。这些成本的精准评估是确保项目在后续阶段高效推进的前提，为项目的可持续性成功打下基础。此外，规划阶段还包括了技术创新与研究费用，确保项目在未来运营中能够应对新技术和变化的需求。

与此同时，规划阶段成本分析也需要全面考虑项目决策和管理的相关费用，包括项目经理团队的薪酬、决策支持系统的投资等。这些方面的成本在规划阶段的合理分析，有助于提高项目决策的科学性和精准性，从而减少后期调整和修正的需求。总体而言，规划阶段成本分析是铁路基础设施项目生命周期成本管理的起点，对项目整体的经济效益和成功实施产生深远而直接的影响。

（二）项目设计阶段成本分析

设计阶段涵盖了工程方案的详细制定，包括轨道布局、结构设计、设备选型等多个方面。这一阶段的成本构成主要集中在工程设计、人员培训、技术研发及专业咨询服务等方面。工程设计费用主要包括设计图纸、工程测量、工程咨询等项目必要的设计工作成本。同时，人员培训和技术研发成本在设计阶段的投入不仅保障了项目的技术先进性，也为后续施工和运营提供了坚实的技术基础。

项目设计阶段成本分析还需要考虑风险管理与控制的相关费用。通过合理的风险评估和管理计划，可以降低工程实施阶段的不确定性和风险，从而避免后续的额外成本和延期^[3]。此外，专业咨询服务的费用也是项目设计阶段的重要组成部分，确保项目在设计过程中得到

专业的指导和建议。

（三）项目建设阶段成本评估

建设阶段涉及大规模的物质采购、施工实施和人力投入，因此成本评估的精准性对于项目的整体预算和进度控制至关重要。其中，物资采购费用占据主导地位，包括铁轨、桥梁、隧道等建筑材料的采购成本，这一方面需要考虑材料的质量和供应稳定性，另一方面也需要与供应商建立合作关系，以降低采购成本和确保施工计划的可行性。

除了物资采购，施工实施的费用也是建设阶段成本评估的重要组成部分。这包括了劳动力成本、机械设备租赁、施工现场管理等方面的开支。通过对这些方面的全面评估，可以更好地规划施工进度，确保工程质量，降低因施工延误而带来的额外成本。

建设阶段成本评估还需要考虑潜在的变更和风险管理费用。项目建设阶段常常伴随着各种不可预测的因素，如自然灾害、工程设计变更等，因此在成本评估中提前考虑这些风险，并制定相应的管理计划，对于确保项目建设的稳健性至关重要。

（四）项目运营与维护阶段成本考量

运营阶段的成本主要包括列车运行、人员管理、能源消耗等方面的开支。确保列车的正常运营和高效管理人员的必要培训都是确保项目稳定运行的关键环节。同时，能源消耗的成本考量不仅涉及列车的动力系统，还需综合考虑维护设备、照明和设施等方面的能源使用，以确保运营的经济性和环境友好性。

在维护阶段，成本考量主要集中在设备和基础设施的维修、检修与更新上。对于轨道、桥梁、信号系统等关键基础设施的定期检修和更新，不仅有助于提高整体运营效率，还能延长设施的使用寿命，降低后期维护的累积成本。此外，维护人员的培训和相关管理费用也是维护阶段成本的重要组成部分，直接影响着项目运行的可靠性和安全性。

四、影响铁路基础设施项目生命周期成本的因素

（一）技术因素

首先，项目的技术选型和创新程度直接影响着建设阶段的成本。采用先进的轨道技术、智能化信号系统以及高效的施工工艺，虽然在初期投入较大，但可以降低长期运营和维护的成本，提高系统的可靠性和安全性。技术创新还能够推动铁路项目的可持续发展，使其适应未来交通需求和环境要求。

其次，在设计和规划阶段，技术因素的考量对成本产生直接而深远的影响。合理的技术规划和设计方案可以避免后期因设计缺陷引起的额外成本，例如在施工过程中的调整和修改。同时，技术的可行性评估也需要综合考虑未来可能的技术变革，以确保项目在长期运营中仍能保持竞争力。

（二）管理因素

有效的项目管理和决策过程直接影响着项目的经济效益和成本控制。在规划阶段，合理的项目管理策略可以确保项目目标的明确性和可行性，从而减少规划变更和调整的需求，降低不必要的成本。项目管理的透明度和合作机制也有助于提高团队协作效率，减少沟通和合作方面的潜在问题，降低管理成本。

在建设阶段，严格的施工管理和监控机制对于确保工程进度的合理性和成本的有效控制至关重要。合理的风险管理策略可以降低施工阶段的不确定性，防范潜在的额外费用。此外，供应链管理也是管理因素中的一个关键方面，通过与供应商建立合作伙伴关系，实现物资采购的优化，提高资源利用效率。

在运营与维护阶段，良好的设备管理和维护计划是确保项目长期运行的重要保障。高效的维护团队管理和培训措施有助于提高设施的可靠性，减少由于设备故障而引起的生命周期成本^[4]。此外，运营过程中的数据分析和性能监测也是管理因素中的关键要素，通过及时的数据反馈，能够更好地制定运营和维护的策略，降低不必要的成本开支。

（三）环境因素

环境因素在铁路基础设施项目的生命周期成本中具有显著的影响。首先，在项目规划和设计阶段，需要充分考虑环境保护和可持续性发展的要求。符合环境法规的设计和规划可以避免因违规而导致的额外罚款和环境修复成本。选择符合环保标准的建筑材料和施工工艺也有助于减少环境影响，并在项目后期减少维护和修复的费用。

其次，建设阶段需要重点关注对自然生态系统的影响，以减少对生态环境的破坏。项目所在地的生态环境变化可能导致额外的土地恢复和生态修复成本，因此在施工过程中需要采取有效的环境管理和监测措施，降低生态风险。同时，环境因素也会影响施工进度，如气候变化和自然灾害可能导致工程延期和相关的成本增加。

五、铁路基础设施项目生命周期成本优化策略

（一）技术创新与应用

采用先进的轨道技术和智能化信号系统，例如磁悬浮技术和自动列车控制系统，可以显著提高铁路系统的运行效率和能源利用效率，从而降低长期运营的成本。例如，中国上海磁悬浮列车的投入运营，通过先进的磁悬浮技术，实现了更高的运行速度和更低的能耗，使得在运营和维护方面能够更为经济高效。

另外，应用信息技术和大数据分析在铁路项目管理中也具有重要意义。通过智能化的列车调度系统和实时监测设备，可以更精准地掌握设备状态和运行状况，提前预防潜在故障，减少维护和修复成本。举例而言，日本的新干线使用了先进的故障预测系统，通过对列车各部件的实时监测，能够在设备出现故障之前进行预测，有助于提前采取措施，减少因故障而引起的停运时间和

相关的经济损失。

此外，技术创新还可以涉及绿色建筑材料和环保施工工艺的应用。选择具有环保特性的建筑材料和施工工艺，例如可再生能源的利用和低碳混凝土的采用，有助于降低建设阶段的环境影响，减少环境修复成本。德国的弗赖堡环形火车站项目即采用了生态友好的建筑材料和可持续能源系统，使得项目在运营后能够更好地适应未来的环境和社会发展需求。

（二）管理流程优化

有效的管理流程可以提高团队的协作效率，降低决策和执行的时间成本。例如，引入先进的项目管理软件和信息系统，能够实现对项目进度、成本和质量实时监控和管理。以新加坡地铁项目为例，其采用了先进的信息管理系统，通过实时的数据交互和分析，提高了项目的整体管理效率，减少了项目运营和维护的成本^[5]。

另外，优化管理流程还包括了对决策层次和沟通机制的改进。确立清晰的决策流程和责任分工，可以避免因信息不对称而导致的决策偏差和调整成本。例如，德国的法兰克福机场轨道交通扩建项目通过设立专门的决策委员会和实施定期的决策评估会议，实现了项目决策的高效流转，减少了项目后期调整的需要，从而降低了成本。

管理流程的优化还包括了对供应链和合作伙伴关系的管理。建立稳固的供应链合作关系，可以降低物资采购的成本，并确保在施工阶段的及时供货。例如，日本的东京新干线项目通过与供应商建立长期战略合作伙伴关系，实现了对高质量建筑材料的稳定供应，提高了施工效率，同时降低了成本。

（三）风险管理与控制

通过系统的风险评估和管理计划，项目团队能够提前识别并应对可能影响项目进展和成本的各类风险。例如，在项目规划阶段，可以通过详细的市场研究和环境分析，预测潜在的政策变化和原材料价格波动，从而在项目实施前采取相应的措施，降低后期调整的成本。

在建设阶段，风险管理的关键是对施工过程中的不确定性进行有效的控制。采用先进的技术和施工管理方法，如建筑信息模型（BIM）和先进的施工监测系统，有助于及时发现并解决潜在的工程问题，从而降低额外的施工成本。以美国的加尔维斯通峡铁路项目为例，项目团队通过引入BIM技术，成功优化了设计与施工过程的协同，降低了施工阶段的变更和风险带来的不必要成本。

在运营与维护阶段，风险管理则主要聚焦于设备和系统的可靠性。定期的设备检修和维护计划，结合先进的监测技术，如传感器和预测性维护系统，有助于提前发现设备故障迹象，减少因突发故障引起的维护紧急情况，从而有效降低维护成本。英国的高速列车运营商就

采用了先进的预测性维护系统，通过实时监测列车部件的性能数据，提前发现潜在问题，最大限度地减少了列车维护的成本开支。

（四）合作与协调机制

有效的团队协作和跨部门沟通有助于降低信息不对称，减缓决策周期，从而提高项目执行效率，减少潜在的调整和补救成本。例如，日本的东京环城铁路项目成功采用了强大的合作机制，项目管理团队与设计、施工、运营等相关方紧密合作，通过信息共享和协同决策，实现了项目的高效推进，最终降低了生命周期成本。

在建设阶段，强化合作与协调机制涉及与承包商和供应商的紧密合作。与供应商建立长期合作关系，实现双赢，不仅有助于降低物资采购成本，还能够提高施工效率。以中国的北京地铁示范线为例，项目管理团队与承包商和供应商形成了紧密的合作机制，通过协调施工计划和资源，成功控制了项目的整体成本，同时确保了项目的高质量完成。

在运营与维护阶段，建立合作与协调机制体现在设备维护、人员培训和服务优化等方面。例如，法国的TGV高速铁路项目采用了全面的合作机制，运营商与制造商紧密协作，共同制定了列车的维护计划和升级方案，通过共同努力降低了列车的运营和维护成本，提高了列车的可靠性和性能。

结论

在铁路基础设施项目生命周期成本管理研究中，深入的分析与科学的管理对项目可持续成功至关重要。结合技术创新、管理流程优化和风险管理，以及强化的合作机制，能够最大限度地提高效益，降低不必要的支出。通过细致的成本分析与优化策略的实施，铁路基础设施项目能够实现更高的经济效益、更低的风险水平，确保项目在整个生命周期中的稳健执行。

参考文献

- [1] 黄建瓯, 罗方. 基于全生命周期成本分析的混凝土耐久性分析[J]. 莆田学院学报, 2023, 30(05): 75-81.
- [2] 吴艳梅. 全生命周期成本管理在企业中的应用策略[J]. 全国流通经济, 2023, (18): 95-98.
- [3] 冯卓豫, 郭燕, 叶润枝. 关于铁路运输装备全生命周期成本智能管控的探讨[J]. 财务与会计, 2023, (06): 25-28.
- [4] 周丽娜. 铁路货车制造企业精益成本管理优化策略分析[J]. 中小企业管理与科技, 2023, (02): 129-131.
- [5] 孙恒, 吕哲琦. 基于BIM的项目全生命周期成本管理研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021, (10): 37-38.