

建筑工程进度控制中的关键路径分析与优化策略研究

谢林威

湛江市赤坎住房保障中心 广东湛江 524044

摘要：建筑工程进度控制领域的关键路径分析，借助关键路径法（CPM）对项目各阶段时间与资源进行优化规划，显著提升了进度预测与控制的精准程度，通过搭建项目网络图并识别关键路径，可清晰界定影响工期的核心任务，依据实际进度调整要求，制定资源平衡、进度压缩及动态调整等优化策略，这些策略在减少工期延误的同时，能够实现资源的高效配置，规避资源冲突问题，最终提升项目执行效率与成本控制成效，优化策略的落地为建筑工程进度控制提供了科学支撑，保障项目按期竣工并提高整体管理水准。

关键词：关键路径法；进度控制；建筑工程；优化策略；资源配置

引言

建筑工程规模持续扩大使得项目进度管理面临更复杂的挑战，传统进度控制方法已难以适配项目中动态变化的任务与资源需求，关键路径法（CPM）在工程进度精确分析与控制中的应用，能够有效识别关键任务，降低进度延误风险，同时优化资源配置，结合实际项目需求实施进度优化策略，既可提高工期预测的精准度，又能为项目管理提供高效解决方案，保障工程按期顺利推进。

一、关键路径法概述

1. 关键路径法的基本原理

关键路径法（CPM）作为项目管理中用于进度控制的数学算法，核心目标是通过识别项目最关键的任务路径，实现时间与资源分配的优化，其定义为：通过构建项目网络图，计算出持续时间最长的路径即“关键路径”，该路径上的每项活动都直接影响项目总工期，关键路径法的诞生为大型复杂项目提供了高效的进度管理工具，通过逐步推算各任务的最早开始时间、最晚完成时间及浮动时间等参数，确保关键任务不会对项目整体完成时间造成影响。关键路径法的基本流程包括：首先进行活动定义，依据项目需求罗列所有活动并估算各活动持续时间；接着构建项目网络图，将活动按逻辑关系连接形成有向图；随后运用关键路径算法计算出项目关键路径，明确对项目工期起决定性作用的活动。公式计算中，关键路径的计算公式为：

$$T_{total} = \max(T_1, T_2, \dots, T_n)$$

其中 T_{total} 是关键路径的总工期， (T_1, T_2, \dots, T_n) 为所有路径的工期时间。

2. 关键路径法在建筑工程中的适用性

在建筑工程领域，关键路径法适用于各类项目，涵盖住宅、商业及基础设施工程，对于住宅项目而言，其通常包含基础建设、结构施工、电气管道布置等大量施工任务，这些任务的先后顺序与持续时间需精准把控，关键路径法通过明确各项工作的依赖关系与关键任务，为建筑工程提供科学的进度预测和控制手段，以包含100个活动的住宅建设项目为例，关键路径法可帮助识别出20至30个对整体工期起决定性影响的活动，对这些关键任务实施精准控制，能有效规避工期延误风险。

此外，关键路径法同样适用于桥梁、道路、机场等大规模基础设施建设项目，这类项目往往涉及多个部门且任务交叉复杂，网络图与关键路径法的应用可协助项目经理掌握各阶段关键时间节点，优化资源调度与分配，在大型道路建设项目中，关键路径法能在规划阶段就识别出土方工程、桥梁建设等关键环节，为提前做好资源配置提供依据。

3. 常见问题与挑战

尽管关键路径法在建筑工程中应用广泛，但实际操作过程中仍面临诸多挑战，首先，项目执行中易出现资源冲突，当多个任务需要相同设备或人员时，资源的有限性可能导致关键路径调整，进而影响项目进度，同时，随着项目推进，天气变化、外部供应商延误等因素会带来进度不确定性，使原有关键路径难以维持，针对这些问题，项目经理需采取灵活的进度调整与风险管理措施，

作者简介：谢林威（1993年6--），男，汉族，广东湛江，本科，中级，研究方向：建筑工程管理。

及时识别资源瓶颈并合理分配资源。

其次，建筑项目复杂性的提升对关键路径法的适用性形成限制，随着工程活动数量增加，构建庞大网络图及计算关键路径所需的时间与精力大幅增长，尤其在多项目交叉场景下，因依赖关系复杂，关键路径法的应用效率可能下降，为应对这类问题，建筑项目管理者可借助项目管理软件，结合自动化工具提高计算效率，并通过定期进度审查调整关键路径，保障工期目标顺利实现。

二、建筑工程进度控制中的问题分析

1. 传统进度控制方法的局限性

在建筑工程进度控制领域，甘特图和里程碑法是应用广泛的传统工具，甘特图以时间轴为基础展示各项任务的起止时间，适用于简单项目的管控，但在大规模、复杂项目中，其难以清晰呈现任务间的依赖关系，且对资源冲突的管理能力有限，里程碑法则通过设定关键节点标记项目进度，便于对项目整体进展进行把握，然而它忽略了各任务间的精细衔接与依赖关系，无法全面反映项目进度的具体动态变化。

与之相比，关键路径法通过构建项目网络图，能够精确识别影响总工期的关键任务，全面考量任务间的依赖关系、时间规划及资源限制，实现对项目进度的全面、动态控制，该方法通过计算关键路径的持续时间，可在项目各阶段实时调整工期安排并优化资源分配，有效弥补了甘特图和里程碑法在复杂工程中的局限性，关键路径法的应用能够显著提升项目管理的效率与精度，降低进度延误风险。

2. 建筑工程进度控制中的常见问题

建筑工程中常见的资源管理问题集中表现为资源短缺与资源冲突，当多任务并行推进时，人力、设备、材料等有限资源可能面临多项任务的同时需求，由此引发的资源冲突会直接造成工程进度延误，以大型建筑项目为例，若同一台塔吊在同一时段被多个作业面同时调用，将导致项目进度停滞或延迟，解决资源冲突需通过资源平衡、合理排期或资源重分配等方式调整任务安排，保障关键任务不受延误影响。

时间管理中的突出问题体现为活动依赖关系模糊与任务工期估算偏差，施工过程中，某项任务的持续时间可能因估算不合理或前期施工疏漏产生偏差，进而波及后续任务进度，为防范此类问题，进度计划初期需开展详尽任务分析，精准估算各活动工期，施工过程中则需实时监控进度动态，及时调整计划以避免偏差累积。

3. 关键路径法在实际应用中的挑战

随着项目规模扩大，关键路径法的精度面临更大考

验，对于涉及多个作业面与部门的大型建筑工程，项目活动数量可能突破上百个，完整网络图的构建与精确计算难度显著增加，这要求借助高效计算工具处理海量数据，同时复杂的任务依赖关系可能导致关键路径频繁变动，影响整体进度控制效果。

动态环境下的关键路径实时调整构成另一重挑战，建筑工程常受天气变化、政策调整等外部因素干扰，这些因素可能引发进度变动，使原有关键路径失效，此时项目经理需快速识别新关键路径，对资源与任务进行重新调配，依托现代项目管理软件结合实时数据分析，可有效支撑关键路径的动态调整，确保项目始终处于可控范围。

三、关键路径分析与优化策略

1. 关键路径的动态调整

在建筑工程实施过程中，项目进度常因各类因素发生变化，进而导致关键路径出现变动，面对这种情况，项目管理者需开展动态调整工作，关键路径的调整通常通过活动重排与资源重新分配实现，比如当某任务因天气因素延误时，可重新规划其他任务的执行顺序，以此保障最终工期不受影响，动态调整的关键路径优化方法包含重排任务顺序、调整依赖关系以及依据资源可用性优化任务执行时间等，这些调整举措不仅能确保项目按期竣工，在部分场景下还可通过提前完成非关键任务缩短项目总工期。

资源重分配是实现优质动态调整的重要手段，当某关键任务需要更多资源支持时，可对其他非关键任务的资源分配进行调整，确保关键路径上的任务不会因资源不足而延误，现代项目管理工具如Primavera P6、MS Project等，常被用于自动化处理这类调整过程，有效提升动态管理的效率。如图1所示。

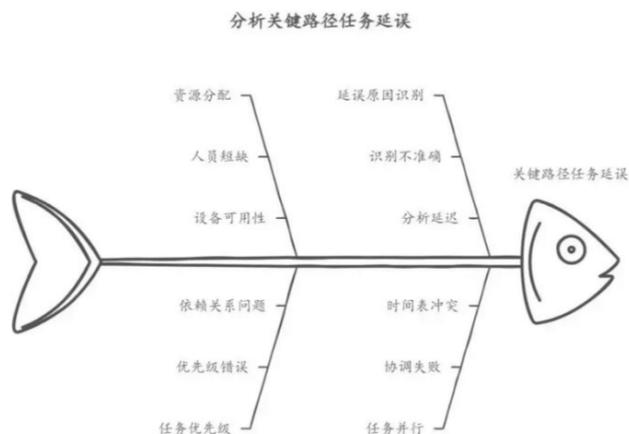


图1 分析关键路径任务延误

2. 进度压缩策略

进度压缩策略是项目工期紧张时采用的周期缩短方

法，常见方式包括并行作业、加速资源投入与延长工时，并行作业将原本顺序执行的任务调整为同步推进以节省时间，例如地下管道施工与地面结构施工可同步开展以压缩工期；加速资源投入通过增加设备或人员数量加快任务完成速度，但可能伴随额外成本；延长工时则在不断增加人员的前提下，通过延长每日作业时长推进任务。

进度压缩策略的选择需结合项目实际情况：资金充裕时增加资源投入可能是高效选择；资源有限时并行作业或延长工时更为适用，合理选择策略能够在保障质量的前提下，最大限度缩短项目工期。

3. 风险管理与进度控制

建筑工程进度控制面临的不确定性因素包括自然灾害、政策调整等，这些外部因素常导致进度延误，因此项目初期需开展有效风险评估，敏感度分析、蒙特卡罗模拟等方法可用于评估不同风险对进度的潜在影响。

风险预警机制是进度控制的关键环节，通过实时监控工程进度，及时捕捉潜在风险因素，结合模拟分析预判进度变化趋势，项目经理可针对性采取调整措施，保障项目进度可控。

四、关键路径法应用中的优化实施与效果分析

1. 优化实施过程中的关键环节

优化策略的实施需以项目评估为起点来确立目标，全面分析项目进度现状、资源分配格局及潜在风险隐患，评估过程中，项目经理需系统收集并深度分析各项任务的执行数据，涵盖资源消耗强度、进度偏差幅度等关键因素，为后续优化方案的精准选择提供数据支撑。

方案选择阶段需依据项目自身特点与评估结果，选定适配的优化策略，如资源平衡或进度压缩等方式，这一过程的关键控制点体现在资源调配、进度检查与实时反馈三个维度：通过科学调配关键资源保障任务按计划推进；定期核查项目进度动态，及时发现偏差并校准方向以落实优化策略；建立实时反馈机制对项目进展实施动态监控，依据反馈数据持续优化调整。

2. 优化策略效果分析

优化策略的实施效果可通过对比优化前后的项目进度数据进行评估，优化实施后，项目进度通常呈现关键路径缩短或资源配置效率提升的特征，例如，通过调整资源配置模式与任务调度方案，能够有效规避资源冲突，减少任务间的等待耗时，进而缩短总体工期，在风险控制层面，优化策略通过提前识别风险节点并采取针对性措施，可降低风险发生概率，保障项目按期竣工。

实际应用中，项目经理可借助模拟分析手段评估优化策略的有效性，通过对比优化前后的工期数据与资源

消耗指标，量化优化措施对项目进度的影响程度，在此基础上进一步完善方案，确保项目在预算约束与时间框架内高效推进。

3. 优化策略的前景与应用潜力

结合当前建筑工程项目的实际需求，进一步的优化策略可重点聚焦信息技术的深度应用，建筑信息模型（BIM）与人工智能（AI）技术的融合应用，能显著提升关键路径法的精准度与实施效率，BIM技术通过构建数字化模型实现项目可视化管理，助力项目管理者实时掌握进度动态与资源配置情况；AI技术则依托大数据分析 with 预测算法，优化进度规划与资源调度方案，提升决策的准确性与响应速度。

未来，随着建筑项目规模扩大与复杂度提升，信息技术的融合应用将进一步推动关键路径法在建筑工程中的普及，为进度控制提供更智能高效的解决方案。

结束语

关键路径法作为建筑工程进度控制的核心工具，能够精准识别项目关键任务，通过优化资源配置与调整进度安排保障项目按期竣工，实际应用中，结合动态调整、资源优化与进度压缩策略，可有效应对常见的进度延误与资源冲突问题，优化策略的实施需通过项目评估、方案选择、资源调配与进度检查等关键环节，确保优化措施高效落地，随着信息技术发展，BIM与AI等技术的深度应用将持续提升关键路径法的实施效果，推动建筑工程进度控制向智能化、精细化方向转型，最终，关键路径法的优化应用不仅能提高工程管理效率，还能有效降低项目风险，为项目顺利完成提供坚实保障。

参考文献

- [1] 赵琦, 纪加强. 建筑工程施工进度控制与管理策略[J]. 大众标准化, 2024, (12): 102-104.
- [2] 魏月. B 建筑工程项目进度管理优化研究[D]. 山东大学, 2024. DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2024.003023.
- [3] 石乃其. 分析建筑工程施工管理的进度管理与控制[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (25): 42-44. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202425014.
- [4] 李勇. 建筑工程施工进度管理与控制探讨[J]. 建材发展导向, 2024, 22(15): 83-85. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2024.0490.
- [5] 郭帅. 论进度管理在建筑工程管理中的重要性[J]. 建材发展导向, 2024, 22(17): 84-86. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2024.0587.