

多组团施工动态调整与路径优化探讨

吴梓弘

广东重工建设监理有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i5.4780

[摘要] 在现代大型工程建设进程中,多组团施工模式凭借能够提高施工效率、压缩工期的特点,得到了广泛应用,但受施工现场空间资源有限、施工工序相互交叉以及突发事件干扰等因素影响,施工路径与任务安排往往需要进行动态调整。一旦调整方式不合理,就会造成资源浪费、工序冲突以及工期延迟等问题,本研究从工程技术视角切入,重点关注施工动态调整与路径优化的技术落地,提出基于实时调度的路径优化方案,通过分析施工区块之间的资源流动情况与空间协调需求,结合动态施工路径规划方法与优化算法,实现对施工进度有效控制与优化。此项研究致力于为工程现场提供切实可行的技术手段,提高施工组织效率与抗干扰能力,最终保障多组团施工项目的质量与进度目标顺利达成。

[关键词] 多组团施工; 动态调整; 路径优化; 调度技术; 工程进度

中图分类号: TV 文献标识码: A

Discussion on dynamic adjustment and path optimization of multi-group construction

Zihong Wu

Guangdong Heavy Industry Construction Supervision Co., LTD

[Abstract] In modern large-scale engineering construction, the multi-construction-group model has gained widespread adoption due to its efficiency-enhancing and schedule-compression capabilities. However, constrained by limited site resources, overlapping construction phases, and unexpected disruptions, dynamic adjustments to construction routes and task scheduling are often required. Inappropriate adjustments may lead to resource waste, process conflicts, and project delays. This study adopts an engineering technology perspective, focusing on the practical implementation of dynamic construction adjustments and route optimization. We propose a real-time scheduling-based path optimization solution that analyzes resource flows between construction zones and spatial coordination needs. By integrating dynamic construction path planning methods with optimization algorithms, the approach enables effective control and optimization of construction progress. This research aims to provide practical technical solutions for construction sites, enhancing organizational efficiency and resilience against disruptions, ultimately ensuring the successful achievement of quality and schedule objectives in multi-construction-group projects.

[Key words] multi-group construction; dynamic adjustment; path optimization; scheduling technology; project progress

引言

随着工程建设规模的不断扩大,施工组织模式逐步从单一施工队伍作业转变为多组团协同施工,这种模式在提升施工效率的同时,也引发了施工空间冲突、路径交叉频繁、资源分配不均衡等问题,传统静态施工计划在动态变化的现场环境中常常难以适用,无法应对施工现场的实时变动,因此,在多组团施工环境下,如何实现施工路径的动态调整与优化,已成为工程技术领域亟待解决的问题,本研究将从施工现场的资源协调机制、动态路径规划方法以及技术优化策略三个方面展开分析,提出适

用于复杂施工环境的动态调整与路径优化技术方案,为工程建设工作提供技术支撑与实践参考。

1 多组团施工动态调整的技术框架

1.1 多组团施工任务分解技术

在多组团施工模式中,任务分解技术是实现动态调整的基础条件,首先需依据施工区域划分结果与工序逻辑关系,将整体施工计划拆解为多个可独立执行的任务单元,通过对施工区块实施空间网格化处理,结合施工工序的逻辑先后顺序与时间限制条件,构建多组团既能单独开展作业、又能相互衔接的作业模

块,在任务分解过程中,不仅要考量施工顺序的合理性,还需结合施工现场的空间资源状况与施工安全标准,防止因任务划分不当引发施工冲突,这一过程中,可运用基于工作分解结构(WBS)的任务细化方式,将宏观施工目标逐层拆解为可高效管理的作业包,在各作业包之间明确设定工序衔接关系,并借助关键路径识别技术,梳理任务间的制约因素与依赖关系。

1.2 动态任务优先级调整方法

多组团施工过程中,施工环境与资源配置常因突发状况出现变动,因此必须具备动态调整任务优先级的能力,任务优先级调整的核心在于搭建一套以进度、资源与风险为核心的综合评价指标体系,以此动态评估不同任务在当前环境下的重要程度,首先,可利用实时监测数据与计划施工进度进行对比分析,判断关键工序是否存在延误风险,并优先保障此类工序的任务执行,其次,需结合资源可用情况对任务进行排序,例如当某类机械设备或关键材料供应短缺时,应优先安排对该类资源依赖度较低的任务,最大程度减少整体施工停工时长。

1.3 施工进度实时监控技术

施工进度实时监控技术是支撑多组团施工动态调整的重要手段,通过在施工现场部署传感器、RFID标签及视频监控设备,能够实时采集施工机械运行状态、人员位置分布、材料运输情况以及现场环境参数等信息,这些数据经无线网络传输至施工管理平台,经过数据处理与分析后,与计划进度展开动态对比,快速识别进度偏差与潜在延误风险。实时监控技术不仅能为施工状态提供即时反馈,还能为任务优先级调整与路径优化提供数据支持,例如,当监测到某道工序进度滞后时,系统可自动触发预警机制,并推送多种调整方案供调度人员挑选。

2 多组团施工路径优化技术方法

2.1 施工路径建模技术

多组团施工路径建模是开展路径优化工作的基础,其核心目标是把复杂的施工现场转化为可进行计算与优化的数学模型,在建模操作过程中,首先要对施工区域实施网格化处理,确定网格单元的空间尺寸(例如 $2\text{m} \times 2\text{m}$),并在模型内纳入障碍物、作业区及运输通道的约束条件,路径节点可采用坐标点的形式表示 (x, y, z) ,边权重则由路径长度、施工安全距离及现场通行能力综合决定。对于多组团施工环境,还需将不同作业区的资源需求和工序优先关系引入模型,形成基于约束图的多源多目标路径网络,在建模参数设置方面,通常考虑运输设备的转弯半径($\geq 5\text{m}$)、最大坡度($\leq 12\%$)、通道宽度($\geq 3.5\text{m}$)等因素,同时结合施工材料运输量、作业面尺寸和施工机械运行轨迹,从而确保路径模型既具备几何可行性,又满足施工工艺性要求。

2.2 动态路径规划技术

多组团施工现场环境具有高度动态性,施工路径规划需要具备实时调整与避障能力,动态路径规划常采用基于图论和搜索算法的技术手段,如Dijkstra算法、A算法和改进型D Lite算法,以保证在复杂环境中能够快速找到最优路径。

其中 L 为路径长度, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 为权重参数,根据施工现场

需求动态调整,动态避障技术是核心,当监测到运输通道因堆料或机械作业而受阻时,系统可通过局部重规划算法在3秒内生成替代路径,同时,为减少多路径交叉带来的冲突,可采用并行规划机制,预先生成多条可行路径,并实时选择代价最低的一条执行,从而实现路径的高效动态调度。

$$F = \alpha L + \beta C_s + \gamma C_c + \delta C_e$$

2.3 优化算法的工程应用

在多组团施工路径优化工作中,引入优化算法能够有效提高计算效率与结果质量。启发式算法如遗传算法(GA),通过对路径序列进行编码,结合选择、交叉与变异操作实现全局搜索,适用于大规模路径网络的优化;粒子群优化(PSO)则通过粒子位置与速度的迭代更新,在路径搜索空间内快速收敛,适合对实时性有要求的施工环境。此外,混合智能优化方法如GA+局部搜索、PSO+模拟退火(SA)等,能够兼顾全局搜索能力与局部精细调整,确保优化结果更符合现场实际需求。在实际工程应用中,可将施工现场的路径节点数量(如 ≥ 500 个)、资源运输需求量(如每小时 ≥ 50 吨)等参数作为输入,算法运行时间需控制在 $1 \sim 5$ 秒,以满足动态调整的实时性要求。通过优化算法的工程应用,在保障安全约束与资源协调的前提下,可实现路径长度降低 $10\% \sim 15\%$ 、运输效率提升 $20\% \sim 30\%$ 的优化效果,从而显著提高多组团施工的整体组织效率。

3 多组团施工动态调整与路径优化的耦合技术

3.1 任务调整与路径优化的联动机制

在多组团施工过程中,任务调整与路径优化必须达成动态联动效果,当某一组团的任务因进度偏差或资源供给不足需要重新排序时,该任务对应的施工路径也需及时更新,以此保障施工活动的连续性与协调性,这一联动机制的核心在于搭建任务优先级矩阵与路径规划算法的对接接口,当任务执行顺序发生变化时,系统可自动调用路径优化模块,重新生成施工运输路径与作业路径。

3.2 资源调度与路径优化的协同方法

资源调度与路径优化的协同方法

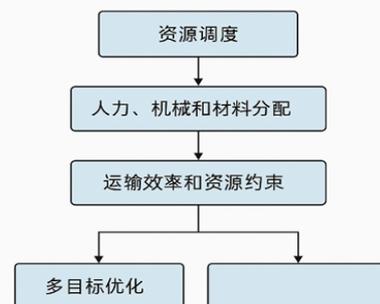


图1 资源调度与路径优化的协同关系示意图

多组团施工现场的资源调度工作涵盖人力、机械与材料的分配,而这些资源调度环节与路径优化存在紧密关联,若路径优

化仅关注运输效率而忽略资源利用情况，极易造成资源闲置或使用冲突，因此，在协同方法设计中，需将资源调度参数与路径规划约束条件纳入统一模型构建，例如，可将机械设备在现场的最大通行频次设定为每小时8次，材料运输车辆的装载容量设定为5吨/车，人力班组的连续作业时长设定为120分钟，路径优化需依据这些约束条件进行调整修正，确保资源在施工现场实现合理流动。如图1所示：

3. 3 进度控制与路径优化的融合技术

进度控制与路径优化的深度融合，是保障多组团施工计划顺利落地的关键所在，当进度监控系统监测到某道工序出现延误时，系统可通过调整施工路径来弥补工期偏差，比如，缩短材料运输路径的长度、增设临时通道或调整施工设备的运行轨迹，以此减少等待时间与施工冲突时长，在融合技术实施过程中，需建立进度偏差与路径调整之间的定量关联，例如当进度延误幅度超过5%时，系统自动触发路径优化程序；当延误幅度超过10%时，则需引入资源调度协同机制，通过多路径并行补偿来追赶工期。如表1所示：

表1 任务、资源与路径优化的协同参数示例

参数类别	技术指标	参数值示例	技术要求
任务调整	优先级更新周期	≤2分钟	动态响应
路径优化	单次路径重规划时间	≤5秒	保证实时性
机械调度	单台设备最大通行次数	8次/小时	避免拥堵
材料运输	车辆装载能力	5吨/车	满足连续供料需求
人力资源	单班组连续作业时间	120分钟	防止过度疲劳
进度控制	延误触发路径调整阈值	≥5%	实时修正
综合指标	优化后运输效率提升率	20%~25%	保障施工进度与质量

4 工程应用与技术实现展望

4. 1 信息化技术在动态调整中的应用

在多组团施工模式里，信息化技术是实现动态调整的核心支撑力量，借助BIM与GIS技术的深度融合，能够构建起施工现场的数字化模型，达成空间位置与施工工序的可视化管理，当施工任务或路径需要调整时，管理人员可在三维环境中直观开展方案推演，快速识别潜在冲突与风险隐患，与此同时，物联网技术通过在现场部署传感器、RFID设备及视频监控装置，能实时采集机械运行状态、材料运输流量与人员分布情况，并将这些数据传输至云端平台进行处理分析，依托大数据分析方法，系统可自动识别施工瓶颈与潜在延误问题，并生成针对性优化建议，例如，当监测到运输车辆在某一通道的平均拥堵时长超过120秒时，系

统会自动发出提示，建议搭建临时通道或调整运输批次。

4. 2 智能化调度平台的构建

智能化调度平台是多组团施工组织管理的核心工具，其功能不仅包含任务分解与路径优化，还覆盖资源调度与进度控制的综合管理，该平台以云计算架构为基础，能够处理大规模数据并支持多用户协同操作，调度算法通过融入人工智能技术，如遗传算法、强化学习及多智能体协作模型，实现对动态环境下复杂任务的优化调度，平台还需具备移动端适配能力，让现场施工人员可通过平板或手机实时接收任务更新与路径调整指令，减少信息传递延迟，在性能指标方面，调度平台需确保任务更新延迟≤3秒，路径优化计算耗时≤5秒，系统并发用户数量≥200人。

4. 3 未来发展趋势与挑战

未来，多组团施工动态调整与路径优化的发展将呈现信息化、智能化与自主化三大方向，首先，随着数字孪生技术的应用，施工现场将拥有实时虚拟映射能力，所有任务调整与路径优化操作都可在虚拟模型中提前验证，降低实际施工风险，其次，人工智能将进一步融入施工调度环节，实现自主学习与自适应调整，使调度系统能在无需人工干预的情况下完成路径优化与资源分配。

5 结语

研究结果表明，通过任务与路径的联动、资源与路径的协同以及进度与路径的融合，可有效提升施工效率与抗扰能力，实现工期缩短10%~15%、运输效率提升20%~30%的成效，未来应进一步依托BIM、物联网与数字孪生技术，构建智能化调度平台，突破实时算法与数据标准化瓶颈，推动多组团施工组织向高效化、智能化和自主化方向发展，为大型工程建设提供更稳健、更可控的技术支撑。

[参考文献]

- [1]马春艳.华亭市千河流域综合治理项目施工方案及进度计划探讨[J].中国水运,2024,24(14):108-110.
- [2]崔洪林.建筑工程施工进度计划的精准编制与动态调整[J].智慧中国,2025,(02):18-19.
- [3]李远威,张玲洁,康超.施工组织设计在水利工程施工管理中的应用[J].水利技术监督,2025,(03):90-92.
- [4]李磊雷.房屋建筑铝模施工技术和现场施工管理分析[J].住宅与房地产,2025,(05):111-113.
- [5]李世芳.成都传媒产业集团揭牌每经中心项目同步开工[N].成都日报,2024-03-23(001).

作者简介:

吴梓弘(1996--),男,汉族,广东广州人,本科,研究方向:建筑工程管理。