

高速公路机电工程施工进度控制研究

栾皓榆

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650200

摘要：高速公路机电工程是公路运营的核心配套体系，施工工序复杂、交叉作业多，进度管控难度极大。为解决工程工期延误、管控低效等问题，本文结合机电工程施工特点与进度控制理论，分析人为、物资、环境及管理等因素影响，梳理当前进度计划不科学、动态管控缺失、资源配置失衡等现存问题。从计划优化、动态管控、资源调配、交叉协同四方面提出优化策略，有效提升施工进度管控质量，为同类工程建设提供参考。

关键词：高速公路；机电工程；施工进度控制

引言：国内高速公路建设规模持续扩大，机电工程作为保障道路通行安全与运营功能的关键工程，施工进度直接影响项目交付与路网投用效益。机电工程系统关联性强、受环境干扰大、交叉施工频繁，传统静态进度管控模式难以适配施工需求，极易引发工期滞后、成本增加、质量隐患等问题。为完善机电工程进度管控体系，本文结合工程实际问题探究科学管控方法，助力工程高效有序推进。

1 高速公路机电工程施工及进度控制相关理论

1.1 高速公路机电工程概述

(1) 机电工程核心构成：高速公路机电工程是公路运营的核心配套体系，包含六大核心系统。收费系统负责车辆通行费采集、核算与征管，是公路运营创收核心；监控系统依托摄像头、传感器等设备，实时监测路况、车流及施工运行状态，保障通行安全；通信系统为各类机电设备提供数据传输通道，是各系统联动的基础；供配电系统为全线机电设备提供稳定电力供应，保障设备持续运行；照明系统主要服务道路、收费站及隧道区域，提升通行可视性；隧道机电系统整合通风、消防、监测等设备，是隧道安全运营的关键保障。(2) 机电工程施工特性：该工程具备鲜明的行业特点，一是专业性强，各系统施工均需专属技术与专业设备支撑；二是系统关联度高，各子系统相互联动、相互制约，施工需统筹衔接；三是与土建工程交叉施工频繁，工序衔接复杂，易产生施工干扰；四是多为室外作业，受天气、季节等环境因素影响较大；五是后期设备调试、系统联调周期长，直接影响整体工程交付进度。

1.2 施工进度控制核心理论

(1) 进度控制基本内涵：高速公路机电工程施工进度控制，是指通过科学规划、统筹调度、动态监管，对施工全流程工序进行管控的管理工作。其核心目标为严

格贴合合同工期要求，保障工程按期完工；合理优化人力、设备、材料等资源配置，避免资源浪费或短缺；提前预判、规避工序滞后、交叉冲突等进度延误风险，保障工程有序推进。(2) 进度控制基本原则：主要遵循五大核心原则，即全过程管控原则，覆盖施工筹备、现场施工、调试验收全阶段；动态调整原则，根据施工实际变化及时优化进度方案；系统性统筹原则，兼顾各子系统、各工序的协同推进；成本与进度协同原则，平衡施工进度与造价成本；质量优先原则，在保障工程质量达标前提下推进进度管控。

1.3 常用进度控制技术与方法

(1) 传统进度管控方法：横道图法操作简便、直观清晰，可直接展示各工序工期与进度，适用于简单分项工程管控；关键路径法通过梳理核心工序、锁定关键线路，精准把控整体工期瓶颈，适配大中型工程；网络计划技术依托工序逻辑搭建网络模型，优化工序排布，多用于多工序交叉的机电施工场景^[1]。(2) 新型智能化管控方法：赢得值法可同步监测进度、成本偏差，实现进度量化管控；BIM进度管控依托三维建模模拟施工流程，提前规避工序冲突，优化施工方案；信息化动态监测技术可实时采集施工数据，实现进度动态预警与远程管控，大幅提升机电工程进度管控的精准性与高效性。

2 高速公路机电工程施工进度影响因素及现存问题分析

2.1 施工进度核心影响因素分析

(1) 人为因素：人为因素是影响施工进度的核心因素。部分管理人员统筹管控能力不足，现场资源调度不合理。一线施工人员专业素质参差不齐，对机电安装、系统调试等专业工序掌握不够扎实。各施工班组沟通衔接不足、信息传递不及时，加之管理层决策部署效率偏低，容易造成工序停滞，引发工期延误。(2) 物资设备

因素：高速公路机电工程设备精密、材料种类繁多，物资设备管理水平直接影响施工进度。项目常存在机电设备采购管控不到位、供货延迟等问题，部分进场设备质量不达标需退换。同时现场施工机具配置不足、养护滞后，材料进场验收流程拖沓，导致施工中断，严重影响施工连续性。（3）环境与技术因素：机电工程多为露天、山区作业，雨季、高温、复杂地形等不良环境大幅压缩有效作业时间。技术方面，部分施工方案与现场工况适配度低，设备安装及系统联调存在技术难点，且前期技术交底落实不到位，施工操作不规范，易产生返工问题，造成工序滞后^[2]。（4）管理与制度因素：部分项目施工进度计划编制缺乏科学性，现场进度管控体系不完善，日常监管落实不到位。项目普遍缺少完善的进度考核与奖惩机制，施工人员工作积极性不足。同时工程变更签证管理不规范，审批流程繁琐、落实滞后，打乱原有施工节奏，极易造成进度失控。

2.2 高速公路机电工程施工进度控制现存问题

（1）进度计划编制缺乏科学性：现有进度计划内容笼统粗放，未结合机电多系统交叉施工的专业特点，未细化分项工程施工节点，工序排布缺乏合理性。计划针对性与可操作性不足，无法有效指导现场精细化施工。（2）施工过程动态管控不足：项目普遍采用传统静态管控模式，缺乏常态化进度监测机制。管理人员无法及时发现施工进度偏差，偏差问题积累后整改滞后，缺少动态调整、实时纠偏的管控体系。（3）资源配置不合理：人力、材料、机具等资源调配与施工节点进度不匹配，施工高峰期出现资源短缺，平缓期出现资源闲置，资源利用率低，极大制约整体施工推进效率。（4）交叉施工协同管控缺失：机电工程与土建、绿化、交通设施施工交叉重叠多，各施工单位缺乏常态化协同机制，施工场地、工序排布冲突频发，导致工序衔接滞后、整体工期拖延。

2.3 进度失控带来的工程负面影响

（1）经济损失：工期延误将直接增加人工、设备租赁、现场管理等额外成本，同时易产生合同违约赔偿金，大幅压缩项目利润空间，降低工程整体经济效益。（2）质量与安全风险：工期滞后后施工方多盲目赶工，简化施工工序、降低施工标准，极易引发设备安装不规范、系统调试不达标等质量问题，同时增加现场安全事故发生概率。（3）运营影响：机电工程是高速通车的核心配套工程，项目延期交付会导致高速公路无法按时投入运营，影响区域交通通行效率，阻碍路网通行功能发挥，损害民生效益与工程社会价值。

3 高速公路机电工程施工进度控制优化策略

3.1 优化施工进度计划编制体系

（1）细化分部分项进度节点：为解决原有进度计划粗放、节点模糊的问题，需结合高速公路机电工程收费、监控、通信、隧道机电等各系统的施工流程与工艺逻辑，对项目总工期目标进行逐层拆解。将整体施工任务细化为月度、周度施工小目标，精准划分各分部分项工程的施工节点，明确每一道安装、布线、调试工序的起止时间、施工范围与衔接标准。通过精细化节点划分，让各班组、各岗位清晰施工任务，保障整体施工有序推进。（2）科学选用计划编制方法：摒弃传统单一的计划编制模式，融合关键路径法与BIM技术开展进度规划。通过关键路径法梳理工程核心工序与制约工期的关键线路，优先保障核心工序施工资源投入。同时利用BIM三维建模技术模拟机电工程全施工流程，提前预判多系统交叉施工中的工序冲突、空间干扰等问题，针对性优化工序排布顺序，筛选出科学合理、贴合现场实际的最优施工进度方案^[3]。（3）预留弹性工期空间：高速公路机电工程受山区地形、天气环境、技术难题、工程变更等不确定因素影响较大。在进度计划编制阶段，需全面研判各类风险因素，结合施工区域气候特点、工程技术难度、交叉施工复杂度等，在关键施工节点与关键线路中合理预留弹性工期。有效规避突发状况导致的工期延误，提升进度计划的适应性、稳定性与抗风险能力。

3.2 强化施工全过程动态进度管控

（1）建立常态化进度监测机制：摒弃传统静态管控模式，构建全时段、常态化进度监测体系。落实每日巡查、每周复盘的进度核查制度，安排专人每日统计各工序实际施工进度，每周汇总整体施工完成情况。精准对比实际进度与计划进度的差值，全面掌握施工推进状态，及时捕捉细微进度偏差，避免小问题累积形成大规模工期滞后问题。（2）落实进度偏差分级整改：针对监测发现的进度偏差，建立分级管控、分级整改机制。根据偏差影响范围、延误时长，将偏差划分为轻微、一般、严重三个等级，针对性制定差异化整改方案。明确每类偏差的整改责任人、整改措施及完成时限，全程跟踪整改进度，确保各类进度问题及时纠偏、闭环处理，保障施工进度快速回归计划轨道。（3）搭建信息化管控平台：依托数字化技术搭建工程进度信息化管控平台，打破传统人工统计、线下传递信息的滞后弊端。实现施工人员、物资、工序进度等数据实时上传更新，系统自动分析进度数据、识别异常问题并实时预警。管理人员可通过平台远程掌握现场施工动态，高效统筹调度资源，大幅提升进度管控的精准度与工作效率^[4]。

3.3 优化施工资源统筹配置

(1) 人力资源优化配置: 结合各阶段施工节点任务量, 科学测算人力需求, 动态调配具备对应施工经验的专业人员, 精准匹配各施工班组岗位需求。杜绝人力过剩造成的资源闲置和人力短缺导致的施工停滞。同时定期开展岗前技术培训、安全交底与技能考核, 重点提升施工人员的设备安装、系统接线、设备调试等专业能力, 规范施工操作, 减少返工问题, 提升整体施工效率。(2) 物资设备精细化管理: 针对机电设备精密、材料种类繁杂的特点, 制定专项采购、储备与进场计划。提前对接供应商, 明确设备、材料生产与供货周期, 规避采购滞后问题。所有进场物资设备严格执行验收、送检流程, 提前排查质量隐患, 杜绝不合格材料、设备投入施工。同时做好物资分类储存、设备保养工作, 保障施工物资持续供应, 维系施工连续性。(3) 合理调配施工机具资源: 根据不同施工区域、不同施工阶段的工序推进需求, 建立施工机具动态调配机制。统筹管理全线施工机具设备, 合理调度安装、检测、调试等各类机具, 精准匹配施工工序需求。及时检修维护故障机具, 避免机具带病作业, 有效解决机具资源闲置、短缺、调配不均等问题, 最大化发挥设备资源利用率, 加快施工进度。

3.4 完善交叉施工协同管控机制

(1) 建立多方协同沟通机制: 针对机电与土建、绿化、交通安全设施等专业交叉施工频繁的问题, 搭建建设单位、施工单位、监理单位多方协同沟通机制。定期组织各专业施工班组开展进度协调会议, 汇总施工难点、工序冲突、场地占用等问题, 现场沟通对接、统筹协调、制定解决方案, 化解交叉施工矛盾, 保障各工序有序穿插施工^[5]。(2) 规范工序衔接管理: 明确各专业施工工序的

先后逻辑、施工边界与交接标准, 制定标准化工序交接流程。各专业施工完成后, 及时开展交接验收工作, 签署交接记录, 明确施工责任边界。杜绝工序交叉混乱、交接滞后、重复施工等问题, 实现各专业工序无缝衔接, 提升整体施工推进效率。(3) 优化工程变更管理: 简化工程合理变更的审批流程, 建立快速变更响应机制。针对施工过程中出现的设计变更、现场签证等情况, 及时完成审核审批, 第一时间根据变更内容调整施工进度计划、资源配置方案与施工方案, 快速适配施工变化, 有效规避工程变更滞留、方案调整滞后引发的工期延误问题。

结束语

本文围绕高速公路机电工程施工进度控制展开系统研究, 归纳了施工进度的主要影响因素与管控短板, 针对性提出全方位、可落地的进度优化管控方案。科学完善进度规划、落实动态施工监管、优化资源配置、强化多方协同管控, 可有效规避工期延误风险。以期本次研究能优化现场施工管理, 保障机电工程按期保质完工, 充分发挥高速公路的社会与运营价值。

参考文献

- [1]陈晓红,黄勇.高速公路桥梁工程施工进度控制研究[J].桥梁建设,2021,51(S2):101-105.
- [2]张晓华,李华.基于关键链技术的高速公路工程施工进度管理研究[J].交通科技与经济,2024,22(3):48-52.
- [3]宋勇.基于BIM的高速公路机电工程进度管理系统研究[J].中国设备工程,2023,16(15):213-215.
- [4]李明,张伟.高速公路工程施工进度控制与管理研究[J].公路工程,2023,48(2):142-146.
- [5]王刚,刘涛.高速公路工程施工进度影响因素及控制措施分析[J].交通建设与管理,2022,10(6):86-89.