

基于智能建造平台的大型线性工程进度管理模型的开发及应用

孙周辉, 张晓川, 彭昱坤, 滕 璠, 廖 悦, 廖 勇

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:针对长引水线性工程的特点,对工程涉及到的隧洞、渡槽、明渠、暗渠、倒虹吸等项目开发了进度跟踪管理模型。采用该模型对项目进度进行规划、跟踪、展示、预警,并成功地将其应用于亭子口项目总承包管理中,实现了对线性工程进度的有效管控。该系统采用分布式设计,其进度采集系统利用智能手机 APP 开展数据采集,进而减少了进度数据上传的管理层次,实现了进度基础数据一次采集、多次使用的目标,大大提高了线性工程进度管控能力,有效地解决了进度管理中进度计划编制和进度跟踪两张皮的难题。将进度管理模型挂接综合单价后,可以获得项目日产值完成情况,进而满足了多维度掌握现场的进度及产值完成的需要,实现了进度日收集、周对比、月复核;同时根据管理需要,可以形成不同颗粒度进度分析报表,有效地提升了线性工程的进度管理水平和进度管理数字化转型进程。

关键词:智能建造;线性工程;进度模型;进度日报;进度预警

中图分类号:[TV91];TV76;TV51

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)02-0061-04

Development and Application of Progress Management Model for Large-scale Linear Engineering Based on Intelligent Construction Platform

SUN Zhouhui, ZHANG Xiaochuan, PENG Yukun, TENG Yun, LIAO Yue, LIAO Yong

(PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: In response to the characteristics of the long water diversion linear project, a development progress tracking management model for tunnels, aqueducts, open channels, hidden channels, inverted siphons and others involved in the project was developed. The model was used to plan, track, display, and provide early warning of project progress, and was successfully applied to the general contracting project management of the Tingzikou Project, achieving effective control of the linear engineering progress. The system adopts a distributed design, and the progress collection system uses a smartphone APP for collection, reducing the management times for progress data uploads, achieving the goal of collecting and reusing basic progress data in one time, greatly improving the linear engineering progress control ability, and effectively solving the problems of schedule planning and progress tracking in progress management. After attaching the comprehensive unit price to the progress management model, the completion status of the daily production value of the project can be obtained, meeting the needs of multi-dimensional control of on-site progress and output value completion, achieving daily collection, weekly comparison, and monthly review of progress. At the same time, according to management needs, the reports of different granularity analysis progress can be formed, effectively improving the progress management level of linear engineering and the digital transformation process of progress management.

Keywords: Intelligent construction; Linear engineering; Progress model; Daily progress report; Progress warning

1 概述

随着数字化转型在各个行业的不断深入,进度管理数字化转型也迫在眉睫,无论是国际通用

的 P6 软件,还是 project 软件在国内的使用均显得水土不服,更多的是将其用在计划的编制方面,在日常的工程进度跟踪管理方面则不尽如人意。随着大型项目 EPC 模式的大规模采用,对总承包

收稿日期:2023-12-10

商进度管理提出了更高的要求。进度管理作为项目管理的核心,如何做好项目进度管理已成为各大建设集团主攻的方向。采用三维可视化技术进行进度展示,依托智能建造平台打造项目进度管理系统成为摆在工程单位面前的难题^[1-4]。谁能基于微架构服务打造出进度管理模型,并在其使用过程中收集大量的行业数据,形成基于行业大数据驱动的进度模型,就能高效完成进度管理的最后一公里末端管理和计划闭环管理。笔者此次进行的研究基于三维模型的进度软件,旨在解决计划管理中进度管理能力、计划编制能力、使用者能力的相互适配,实现计划管理中的能力三角动态调整,封装专业进度管理软件能力和计划编制能力,将复杂的交互过程交给专业人员和专业软件去处理,以降低其对使用者的要求,使其能够在日益激烈的竞争中获取优势,对智能建造平台核心能力的建设具有深远意义^[5-7]。

2 进度管理软件的应用现状

进度管理软件主要为基于二维的WBS组织架构起来的进度计划管理系统,其成熟的软件有P6、project、OpenProj、梦龙等。目前,计划编制和使用都具有较高的门槛,在项目管理中往往很难配置高水平的进度计划管理工程师。既使配置了更多也只能是利用应用软件进行计划的编制,而很难开展进度执行和跟踪,其主要原因是计划编制的层次和现场实施的工序不完全一致以及计划收集困难、数据更新难度大,也没有形成用进度计划软件跟踪进度的习惯,特别是进度软件都需要安装到电脑上才能够运行和查看;进度计划软件形成的进度跟踪成果与国内项目管理的系统亦不能很好地匹配,导致周例会上汇报进度时更多地是采用周报进行汇报。大型进度软件在某个标段的管理和拆解往往具有一定的难度,无论是进度管理者和查看进度的人都不易掌握当下的进度进展情况,且传统的进度软件在对项目进度跟踪方面不能明显衔接^[8-10]。因此,基于智能建造系统架构的进度管理模型具有的突出特点就是对现场实时进度的管控、预警以及计划的调整,是基于三维模型和数字化平台搭建起来的进度管控系统,它可以将管理组织机构、管理人员、管理对象通过数字底板融合,进而实现设计数据、计划数据、实际施工数据的相互贯通,而且还可以对各数

据进行实时对比和预警。

3 进度管理模型的开发

3.1 分类建筑进度模型的建立

针对现场建筑物类型建立了不同建筑物的进度管理模型,该模型跟踪的参数与现场的施工工艺一致。将隧洞施工拆解成开挖进尺工序、隧洞二衬工序、回填灌浆、辅助工程、其他扩展几个维度,可以根据工程施工的工序进行补充和细化;渡槽的施工按照桩基施工、承台施工、墩柱施工、槽身施工、辅助工程施工、其施工分类;将明渠施工拆解成明渠开挖、边坡支护、渠道浇筑、沟槽回填、辅助工程施工、其他扩展项目;将倒虹吸施工拆解成渠道开挖、管道安装、管道埋设、辅助工程等维度。

3.2 建立进度对比基准

基于拆解的工序编排每一道工序的进度指标,根据进度指标编排出每一道工序的施工进度总月数,设计算法对系统在同类建筑的编排按照时间的长短排列每一类建筑物的进度计划,将剩余工作量最大的建筑排在最前面,在系统中始终看到的是对项目影响最大、最需要关注的几项工作。进度计划的对比基准是月计划完成量,系统自动对正在施工的工序开展月底对比。由于该系统是按照进度指标设计的,故计划的生成与施工时间强关联。同一种建筑物模型只需要给予月进度完成指标即可以计算出月计划对比的基准。在进度管理中,系统按照周对比、月复核进行进度管理和智能预警,同时也会对后续进度指标进行动态调整,以确保该单项建筑物最终的工期能够得到保证。

3.3 关键线路的确定

(1)关键线路的动态调整。对于线性工程,其建筑物之间的逻辑关系相对简单且独立,每一个建筑都有自己的进度轴,可以根据项目中各建筑物之间的逻辑关系梳理出项目的关键线路,并根据关键项目之间的关系确定出关键项目的排序,将时间最长的排在最上面。在系统进度计划中始终展示剩余的工作量,并可以根据项目的施工情况实时对该类型建筑物的剩余计划进行展示,根据各建筑物之间的逻辑关系排列出剩余工程量最大、时间最长的建筑即为该项目的关键线路。

(2)关键线路进度预警。对于关键线路的进度计划在编制时即给项目赋予了进度指标,管理人员可以根据管理的需要进行每周、每月的

进度对比,同时亦可以设置报警阈值。例如,进度计划滞后 10% 时进行黄色预警,进度计划的条带变为黄色;计划滞后 10%~30% 时进行红色预警,进度计划的条带即调整为红色;进度计划滞后超过 30% 时系统提出计划调整的建议并进行高亮报警。

(3) 实际进度跟踪。系统对每一个激活的计划进行进度数据的采集,通过 APP 为现场施工管理人员提供录入进度信息的端口,每一个工区的信息员只需要每天将现场的实际进度信息通过手机 APP 录入系统即可以实现对现场进度的采集。每一个工区的信息员只负责对自己管理区域的信息进行采集,其工作界面清晰,职责明确,执行高效。系统也设计了进度信息员填报跟踪界面,哪个部位的信息员未填报进度计划将会直接预警,工区管理人员接到预警后即会督促信息员抓紧进行日报信息的录入。

3.4 进度偏差分析

系统的进度偏差是按照进度模型设计的颗粒度进行对比分析。例如,隧道是按照每周对开挖进尺进行的跟踪分析和预警、按月提供进度计划偏差报表;渡槽是按照工序指标按周开展进度计划分析、提供进度偏差分析,预警则是按月提供进度计划执行偏差分析,同步对比实际进度指标是滞后还是超前并对预计滞后的时间进度进行推算。

3.5 进度计划的调整与修改

系统对进度跟踪后每月会进行进度分析。同时,管理人员每月亦开展进度计划管理和进度计划任务的下达。进度计划指标在每一个进度模型上都是分工序进行设计、分专业开展执行和落实的。对进度计划的调整主要是根据剩余工程量及剩余的时间计算出完成计划需要的进度指标,并将其作为执行的进度指标。对于进度计划是通过延迟施工时间还是加快施工进度则需根据项目整体推进情况进行决策。其整体有两个措施选项:(1) 施工中加快进度完成调整后的计划;(2) 时间顺延完成计划。对于复杂项目,进度计划可以采用专业软件作为系统引擎直接在系统中调用专业软件进行分析和调整计划,并通过系统的前端功能获取现场实际的进度计划。

4 进度模型与智能管理系统的融合

4.1 进度模型与智能管理系统的融合

该管理系统设计了不同的角色,如系统管理员、进度模型配置员、计划管理及调整人员、系统信息采集员、普通用户等角色,不同的角色和身份具有不同的功能模型与系统进行交互。系统管理员主要负责系统中各层级人员的角色和身份授权管理,并对管理者的角色进行配置;进度模型配置员主要负责建筑物和工区并与具体的信息员对接,以实现底层进度计划模型任务的分解和分配,给信息员开账户,维护界面;计划管理及调整人员主要负责工程的现实进度与计划进度的匹配和对接,必要时开展进度计划的调整工作,在系统中重新下达计划指标;信息采集员主要负责对工程一线实际进度的采集和系统录入工作,按照系统要求每日录入进度计划的实际完成情况,系统自动生成进度计划日报板块的基础内容并收集各工序的完成情况。

4.2 给进度模型配置管理人员

根据管理的分工对系统中的建筑物配置相应的管理人员,管理人员对模型中的相关数据进行维护;同时,管理人员亦具备在系统中查看相关模型实际进度的权限。通过模型与管理人员的配置,实现了项目中管理任务和管理人员的绑定,亦实现了管理人员和任务的关联。

4.3 进度计划展示界面的设计

鉴于大型线性引水工程涉及到的建筑物多,点多面广,管理困难,其现场管理往往为分片区和分工区管理,因此,在进度系统的设计上需要考虑现场办公和管理人员使用手机办公的需要,对进度管理就只能聚焦在管理人员负责的工区和工序上,例如隧洞进度管理模块的设计就是对隧洞工程月进度、日进度及进度曲线进行展示,让管理者掌握实际进度情况并在现场开展管理工作。隧洞进度展示界面见图 1。渡槽则是按照重要建筑物及工序组织看板界面的。首先是对每一个渡槽单体建筑进行模型的建立,然后对渡槽桩基、承台、墩柱、槽身设置进度跟踪项,对完成的数据进行实际的跟踪,在系统界面中始终能看到当前月和剩余计划量横道,随着时间的推移,剩余横道最长的工作即为关键工作。系统在看板上自动实现重要工作的编排,使管理者始终都能关注关键工作的进展情况。所取得的相关研究成果已经申报软著专利。渡槽进度展示界面见图 2。

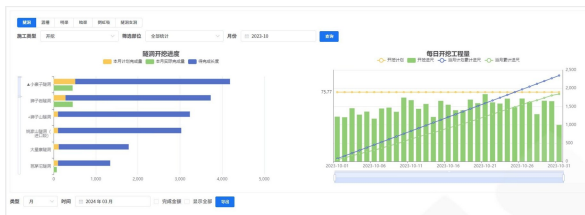


图1 隧洞进度展示界面



图2 渡槽进度展示界面

5 水利灌区线性EPC项目在该平台中的应用与实践

5.1 进度计划的编制

鉴于该项目在前期已经形成了一级网络计划,项目团队对采用传统软件编制的进度计划进行了梳理,形成了每个建筑的一级节点计划并将其作为智能建造系统计划编制的基础。首先对线性工程中的每一个隧洞工程建立了进度管理模型,对隧洞的长度、进度指标、开始时间、结束时间等关键信息进行录入,建立了系统进度模型树,使系统能对每一个隧洞进行识别和跟踪,此时项目的一级计划编制即告完成,信息员只需输入相关进度模型的实际施工进度指标后模型进度计划即被激活,相关的进度即开始编排。由于智能系统采用的是进度指标进行计划编排和跟踪,从而实现了计划编制和跟踪的一体化管理,只要现场实际进度指标小于计划指标,系统就会预警,从而大幅度降低了计划编制的难度和使用者跟踪的难度。

5.2 实际进度数据的采集

实际进度数据的采集对于不同的建筑物均根据进度模型设计的维度对进度参数进行采集,待其达到了参数的进度形象即可填写相关的进度参数,系统中就会收集和汇总相关的进度数据,且所有进入系统的数据都是采用进度模型进行归集的,在数据的汇总和分层查看上非常方便,进入相关的界面即可以查看到相关的进度模型进度指标完成情况;同时,系统亦记录了综合工序的进度情

况。通过大量的数据获取对实际进度指标进行反馈,当进度指标不满足要求时即会开展管理干预以确保进度能满足履约的要求。由于采用指标进行管理,因此,随着系统使用时间的延长就会获取相关模型的进度大数据,系统计划的编制会基于进度大数据让指标更加切合实际,同时亦可收集企业施工水平的大数据,进而形成企业进度定额,从而为后续的进度计划管理服务。

5.3 项目产值完成情况统计

EPC工程的计量结算大部分是按照进度形象进行的,因此,在进度模型的设计中,只需要考虑支付进度形象即可以实现进度和结算的绑定管理,根据合同情况计算出每一个跟踪工序的综合单价,再根据进度计划实际完成的工作量即可以计算出跟踪时段的产值。项目可以根据管理需要跟踪周产值和月度产值计划完成情况;对于不便于分解的项目,可以从资金维度进行完成情况的统计和计划管理。

6 结语

基于智能建造系统的进度管控实践,实现了对进度计划的有效管控。在系统设计方面,首先完善了智能平台的进度模型识别功能,根据项目的特点开展了进度管理模型的搭建,使进度管理简单明了。随着进度跟踪模型的丰富和实际跟踪数据的丰富,可以通过进度模型获得相关模型的实际进度指标大数据,从而为项目管理者编制高精度的进度计划提供帮助。基于智能平台和进度模型的管理系统,有效克服了以往进度管理软件在进度跟踪方面存在的弱点和对使用者高技能的要求。该智能系统实现了常规进度管理的解构,将进度管理进行了分解,让不同角色的管理者只需要完善自己负责的模型数据即可以完成进度管理,进而大幅度降低了对使用者的要求;同时,由于进度模型在系统中已经有设计模型和进度参数,因此,只需要将其与现实模型的实际进度参数进行对比即可获得项目的实际进展情况;另外,现场进度数据的采集与进度模型设计为一个维度,其进度对比性更强,复杂的逻辑关系和算法可以通过智能系统进行封装,项目的管理者只需要根据管理需要查看相关的进度报表即可以获取想要的信息。通过智能化平台开展进度模型的搭建,

(下转第75页)

统处理和传输监测数据的速度,而在工程监测中及时获取相关数据对于发现和解决问题至关重要。较高的实时性可以确保系统能够迅速响应异常情况、减少潜在的风险。数据的完整性是评估系统是否能够捕获和记录全部关键数据的指标,而确保数据的完整性对于准确的结构状态诊断和问题跟踪至关重要,其有助于防止遗漏重要的信息。

(2)优化方法与策略。在智能传输系统的应用中,优化方法与策略是为了提高系统性能、降低成本、提高效率和实现更好的工程监测和管理而采取的关键步骤。传感器的布局优化非常重要,选择合适的传感器类型和位置对于监测结构的关键参数至关重要。通过传感器的布局优化可以确保监测系统能够捕捉到最具信息量的数据,进而提高监测的准确性和可靠性。控制算法的设计和优化亦非常关键,控制算法的高效和准确性能够提高数据分析和结构状态评估的效率。通过采用高级的控制算法,系统能够更准确地识别问题、预测性能和采取适当的措施。数据处理和分析的优化也很有必要,是智能传输系统中的关键步骤,采用高效的数据处理和分析方法可以加速信息的提取、故障的诊断和决策制定的过程,进而提高系统的实时性和准确性。

7 结 语

智能传输系统作为一种先进的监测与控制技

(上接第 64 页)

可以实现进度与管理的融合,最终实现企业数字化和智能化进度管理的转型。

参考文献:

- [1] 殷俊. 基于 BIM 三维构件的隧道施工进度精细化管理研究[D]. 东南大学, 2022.
- [2] 金丹. 桥梁施工进度的三维可视化管理[J]. 计算机应用与软件, 2008, 25(5): 187-190.
- [3] 韩庆全. 隧洞工程施工进度三维智能控制方法研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2021, 25(1): 25-30.
- [4] 钟登华. 水电工程施工进度三维动态可视化方法[J]. 天津大学学报, 2005, 38(4): 322-327.
- [5] 周绍杰. 融合 BIM 与三维重建的施工进度数字孪生跟踪方法初探[D]. 第九届全国 BIM 学术会议论文集, 2023.
- [6] 周智勇. 三维项目建设进度管理系统设计与实现[J]. 城市勘测 2012, 2(2): 8-10.
- [7] 张海平. 基于 GIS 水电站施工进度三维可视化模拟[J]. 水科学与工程 2007, 31(1): 36-38.

术在渡槽连续刚构工程中具有巨大的潜力和广泛的应用前景。通过传感器技术与数据采集、控制算法与系统集成、设备硬件与通信技术等多方面的综合应用,智能传输系统能够实现对结构状态的实时监测、自动识别问题并及时采取措施,能够显著提高工程的安全性、可维护性和效率。与传统方法相比,智能传输系统在数据精度、监测精度和故障检测等方面表现出明显的优势,能够为渡槽连续刚构工程的施工与维护提供具有可行性和可靠性的解决方案。笔者认为:智能传输系统有望成为渡槽连续刚构工程领域的关键技术,从而为桥梁工程的安全性和可持续发展做出积极的贡献。

参考文献:

- [1] 邓远新,卢帝. BIM 环境下的多向预应力渡槽智能施工[J]. 水电与新能源, 2023, 37(10): 15-18.
- [2] 姚胜泉. 基于大型渡槽原型试验的混凝土徐变参数反演[J]. 铁道建筑技术, 2023, 26(10): 24-29.
- [3] 焦康,郭海亮,马瑜,等. 南水北调中线工程渡槽伸缩缝止水综述[J]. 东北水利水电, 2023, 41(10): 60-64, 72.
- [4] 武晓燕,申铁军. 连续刚构桥预应力筋张拉计算与施工分析[J]. 四川建材, 2023, 49(10): 168-169.
- [5] 张建华,李静,林潮宁,等. U 型渡槽参数化有限元建模与智能优化设计研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(5): 75-81.

作者简介:

谢军锋(1982-),男,陕西渭南人,工程师,从事水利水电工程项目管理工作;
文能(1984-),男,四川南充人,副高级工程师,学士,从事水利水电工程项目管理工作。
(编辑:李燕辉)

- [8] 韩周平,韩诗雨. 工程总承包项目进度计划编制探讨[J]. 煤炭工程, 2022, 54(9): 31-34.
- [9] 李金虎. 基于 WBS 和网络计划法的地质普查项目进度计划编制研究[D]. 东北财经大学, 2023.
- [10] 王坤琦. 项目进度管理的动态调整研究与应用[D]. 北京交通大学, 2022.

作者简介:

孙周辉(1980-),男,陕西宝鸡人,正高级工程师,工程硕士,从事水利水电工程项目管理和智能建造技术研究;
张晓川(1984-),男,宁夏固原人,工程师,学士,从事水利水电工程项目管理工作;
彭昱坤(1997-),男,贵州兴义人,工程师,硕士,从事水利水电工程项目管理及数字化工作;
滕 黎(1996-),男,湖北恩施人,工程师,硕士,从事水利水电工程项目管理工作;
廖 悦(1991-),女,重庆市人,工程师,硕士,从事能源行业数字化研发与管理工作;
廖 勇(1988-),男,四川宜宾人,工程师,学士,从事水利水电工程项目管理工作。
(编辑:李燕辉)