

# 大型土木工程项目持续计划系统应用研究

王俊松<sup>1</sup> 叶艳兵<sup>1</sup>

(1 华中科技大学 土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074;

2 华中科技大学 系统工程研究所, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 以关键路径法(CPM)为代表的网络计划法在我国土木工程项目计划管理领域得到了广泛的应用,但是随着工程项目规模的扩大和复杂性的增加,这一方法暴露出了诸多不足。在系统分析 CPM 方法的局限性的基础上,以武汉市轨道交通一号线为背景,针对应用过程中的相关障碍因素,提出了在我国大型土木工程项目中推行持续计划系统的应用框架和实施策略

**关键词:** 持续计划系统; 应用框架; 大型土木工程; 精益建造

**中图分类号:** F294; TP273<sup>++5</sup> **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7037(2005)01-0054-05

随着全球经济一体化进程的加快和国际产业分工结构的重构,我国日益成为世界制造业集聚的中心,这对我国相对薄弱的基础设施是一个巨大的挑战。近年来,国家加快了以能源、交通为代表的基础设施建设步伐,以三峡工程及南水北调为代表的大批大型建设项目进入了开工与建设的高峰期。这类项目共同的特征:工程规模大,控制要求细;参与主体多,信息分散,层次复杂;工程跨越多个专业领域,内部结构复杂;时空跨度大,不确定因素多;投资主体多元化,权责关系复杂。

我国工程项目管理理论与方法的发展,走过了由“项目法施工”向“工程项目管理”转变的过程,而且相关的研究更多地局限于企业层面,面对跨越多个企业主体大型土木工程项目,现有的理论与方法已越来越不适应管理的要求。

项目计划与控制是工程项目管理的核心职能之一<sup>[1]</sup>,传统的方法是以关键路径法(CPM)为代表的网络计划方法,它的应用曾推动了我国工程项目管理整体水平的提高。但是随着工程项目复杂度的提高,这一方法也日益暴露出其不足,工程项目网络计划常常成为一种摆设,无法真正指导项目按计划实施。

深入分析大型土木工程建设项目管理的复杂性特征,充分借鉴国外先进的理论与方法,研究适于我国国情的工程项目计划与控制新方法,既是我国大型土木工程项目管理实践的需要,也是工程管理理论在我国发展与完善的需要。

## 1 网络计划法在应用中的不足

以关键路径法(CPM)为代表的网络计划法,是工程项目管理发展过程中一个重要的里程碑,但是在大型土木工程项目管理的应用却反映出了诸多不足<sup>[2]</sup>。

**a** 缺乏处理非优先关系约束的能力。以 CPM 为代表的传统计划方法,关注的只是各工序间的时间优先次序约束,对与合同、物理及信息等相关的约束则不予考虑。而事实上,各活动工序之间不仅仅存在时序方面的约束,资源和信息也制约着工序之间的衔接与协调。

**b** 在计划实施评价和信息沟通方面存在障碍,以致于决策往往成为马后炮。由于工程建设过程中广泛存在的不确定性,项目计划往往不能完全得到准确执行,甚至由于项目启动初期信息的不完备,计划本身也可能存在错误。CPM 方法强调严格按照计划实施,对冲突的发现是滞后的,所做的调整成为马后炮。而冲突常常发生在工序执行层,冲突的决定权则集中在上层计划层,由于缺乏有效的信息沟通机制,从冲突的产生到解决往往要经历相当长的滞后,影响了计划的可靠性。

**c** 不能很好地支持工序执行层的计划与控制,以致于计划只能停留在上层,其可靠性很难得到保障。

在传统的网络计划方法应用过程中,项目计划往往由专业计划人员根据其经验编制,对工序

的属性确定带有较强的主观性,常常将计划制定成理想状态,而工序执行人员很难参与计划制定,这就严重影响了项目计划的可操作性,结果则是计划只能停留在纸面,无法得到可靠的实施

## 2 持续计划系统简述

针对土木工程项目管理的复杂性特点,着眼于提高项目计划的可靠性和可控性,尽可能消除工程项目实施过程中由不确定性因素导致的返工损失,人们进行了诸多探索,其中最具代表性的是美国精益建造研究院(LCD)的Ballard和Howell提出的持续计划系统(Last Planner System, LPS)<sup>[2]</sup>,该系统从根本上改变了传统项目计划制定和控制方法,其核心功能导向是产品单元控制和工作流控制。产品单元控制是指在计划制定过程中,根据产品体系特点及责任主体能力合理划分产品单元,形成产品单元集。工作流控制则是在产品单元集确定的前提下,通过对产品工艺过程之间的时间、资源和信息约束的定义与识别,制定和跟踪具有较好连续性和透明性的工作流。持续计划系统包含总计划层、预测性计划层和短期执行计划层,产品单元控制和工作流控制贯穿三个层次的始终(图1)。

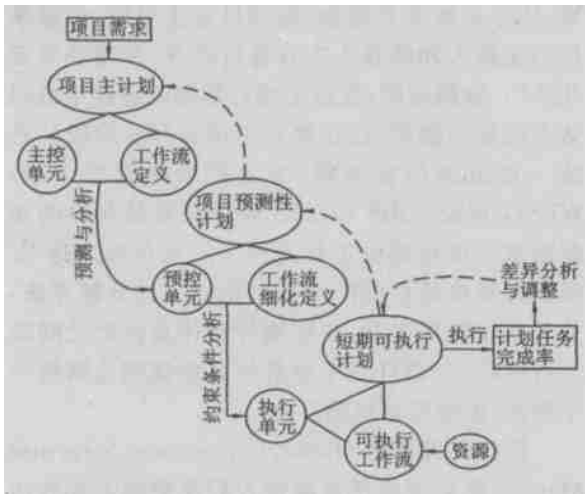


图1 项目持续计划系统示意图

图1中,项目主计划是在项目启动初期,根据项目总体需求及主要参与者能力,在确定主控单元基础上,定义主体单元工作流程,并给出相关资源和信息约束条件。预测性计划是在项目计划人员根据项目进展状态,对主计划中的产品单元和工作流程进行预测和约束满足分析,形成具有一定可控性的预控单元,进而定义相关工作流程和细化约束条件,这一层次是项目持续计划的重要枢纽,预测期一般在5~7周之间,其具体职能包

括:设计工作流次序和比率;将工作流技术要求与执行者能力相匹配;将主要的工艺活动分解为一系列的工作包和操作过程;设计相对详细的工作完成方法;管理一批具有较好可行性的任务集;在必要的时候对主计划进行修正和更新

短期可执行计划是项目执行层根据自身约束满足情况,从预测性计划中过滤得到具有较高可执行性的执行单元和可执行工作流程,在相关信息和资源的支持下,进行工序执行。短期执行计划一般表现为周计划,其具体职能包括:确定已选定工作的正确工作流程;确定已选定工作的准确数量;保证工作所涉及的约束条件均已得到满足

项目所有参与者,包括专业计划人员、执行人员、财务人员和工程咨询人员都应该熟悉短期可执行计划,以创造一个良好的信息沟通环境,同时,短期可执行计划是所有工作会议和现场决策的直接依据

整体而言,项目持续计划的本质在于通过多层次的计划制定,保证计划制定者与计划执行者之间良好的信息沟通,尽可能地消除项目执行过程中的不确定性,提高项目计划的可靠性与可控性

在项目持续计划控制系统中,计划执行的评价与反馈主要是通过计划任务完成率(PPC)来完成,每周计划执行结束,管理者可以对各个短期执行计划的PPC值进行分析,发现计划执行过程中的差异,采取合理措施对原计划进行修正和更新

## 3 项目持续计划方法的应用

从1998年提出至今,LPS仍处在持续的发展完善过程中,它所倡导的持续计划理念为进行复杂工程项目计划控制技术和方法的创新提供了新的思路。在项目持续计划方法的应用过程中,仍需要克服诸多障碍和进行相应的补充

### 3.1 工程概况

武汉市轨道交通一号线一期工程(简称:工程)西起汉口宗关水厂,东至黄浦路,全长10.12 km,概算总投资22亿元人民币,是武汉市轨道交通体系的开篇之作,2001年初动工,工期3年

该工程属国债投资项目,项目采用代建制,业主方为武汉市轨道交通有限公司,通过合同分包形成多企业主体组织结构,工程涉及土建、机电设备、供电系统、通讯系统、动力系统及车辆系统等诸多领域,项目技术复杂度高,参与主体缺乏相关项目管理经验,而且项目施工现场穿越主城区,拆迁压力重,外部影响很大,不确定因素众多。

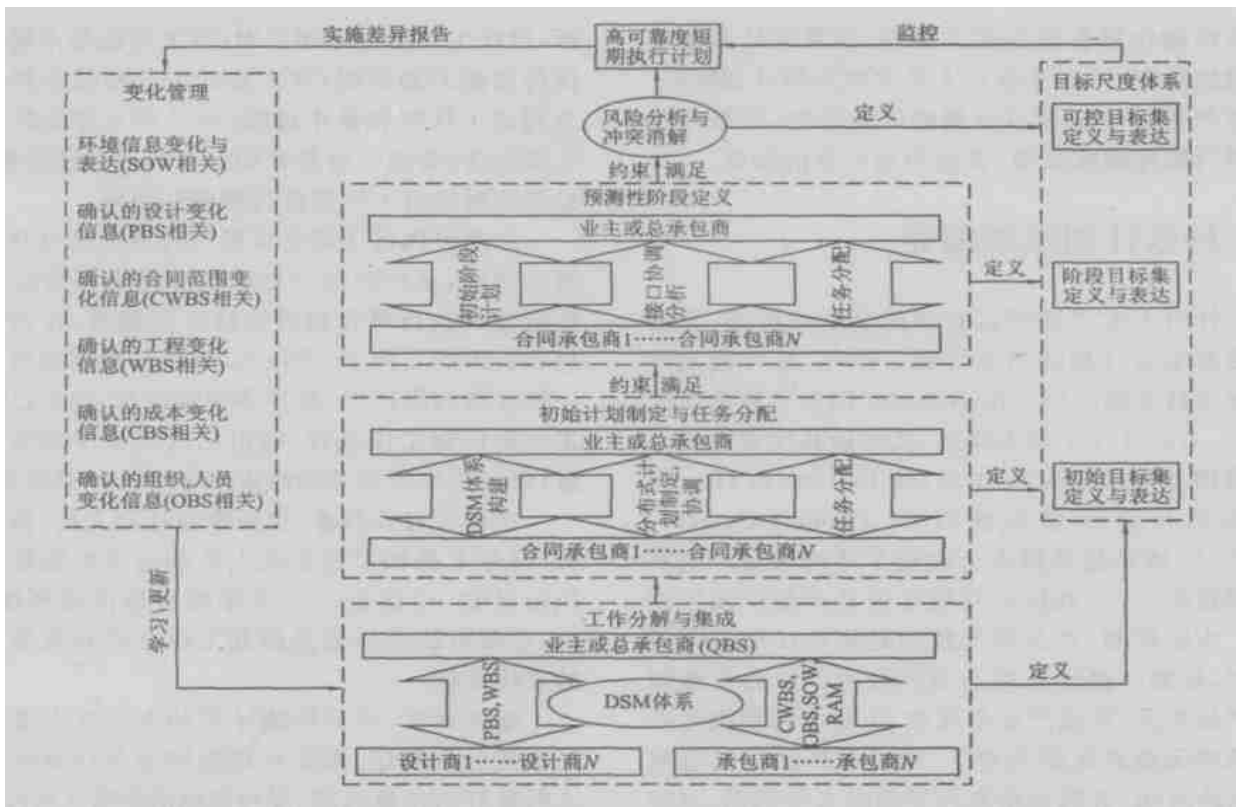


图2 大型土木工程持续计划系统应用框架

3.2 应用框架与实施策略

根据工程的特点以及早期单一采用CPM网络计划方法进行计划管理的经验教训,本着面向实践,服务于业主的原则,将项目持续计划方法与传统CPM网络计划法相结合,制定项目持续计划。该项目包括了完备的计划体系。首先,由系统生成各职能部门的周计划,各部门分别对其调整和完善,同时通过网上的进度信息采集,对上报的计划汇总跟踪,并更新总计划,生成下周指导计划,重新分发到各部门,最后生成新的本期总计划(图2,图3)。

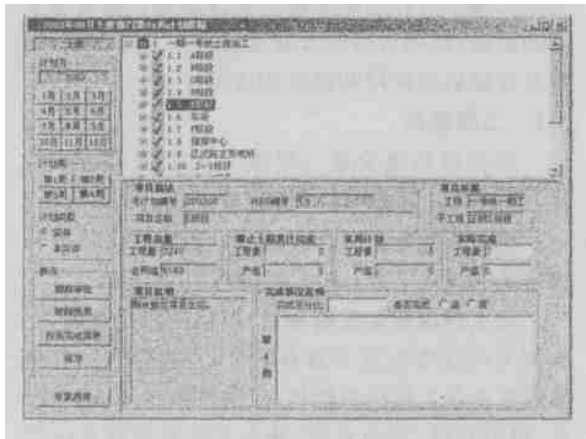


图3 计划明细录入及执行跟踪

该应用框架在充分借鉴项目持续计划系统核心功能的基础上,面向实践应用,从三方面对其进

行了扩展与完善

a 工程项目信息规范化 大型土木工程计划控制涉及的信息来自多个主体,涵盖若干功能领域,体系层次非常复杂,而项目业主单位、参建单位的主持人和经办人来自各行各业,管理手段五花八门。实践表明,建设工程计划控制过程中出现诸多问题的根源,往往来自于项目起步阶段缺乏统一规范的信息体系,为人们所熟知的PBS, WBS, CWBS, OBS 和 CBS 等都只是从各自的功能需求角度对建设工程进行了层次化的表达<sup>[4]</sup>。模板分解法是目前广泛被采用的工程分解方法,从其应用效果来看,各职能分解体系彼此之间缺乏有机联系,而且各个分解体系应该细化到哪一个层次,也缺乏系统的界定。

依赖结构矩阵(DSM, Dependency Structure Matrix)是近年来越来越被人们接受的系统表达与分析工具,特别是针对系统分解与集成。DSM工具体系由Component-Based DSM, Team-Based DSM, Activity-Based DSM 和 Parameter-Based DSM 构成<sup>[3]</sup>,其最突出的优点在于以一种简洁、可视、利于分析的形式描述系统要素之间的复杂关系(图4)。

b 不确定环境中的变化信息管理策略(图5)。在项目持续计划系统的应用过程中,直接影响各层次计划之间衔接的正是项目实施中存在的诸

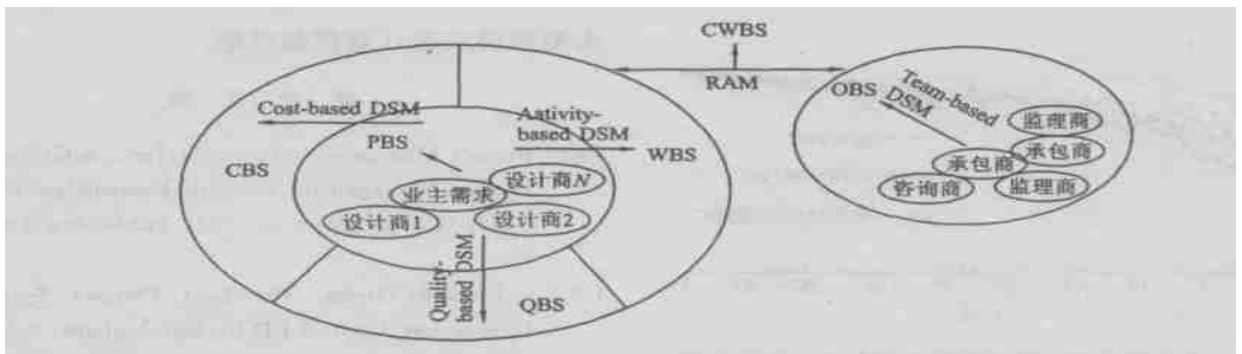


图 4 基于 DSM 的大型土木工程项目分解体系

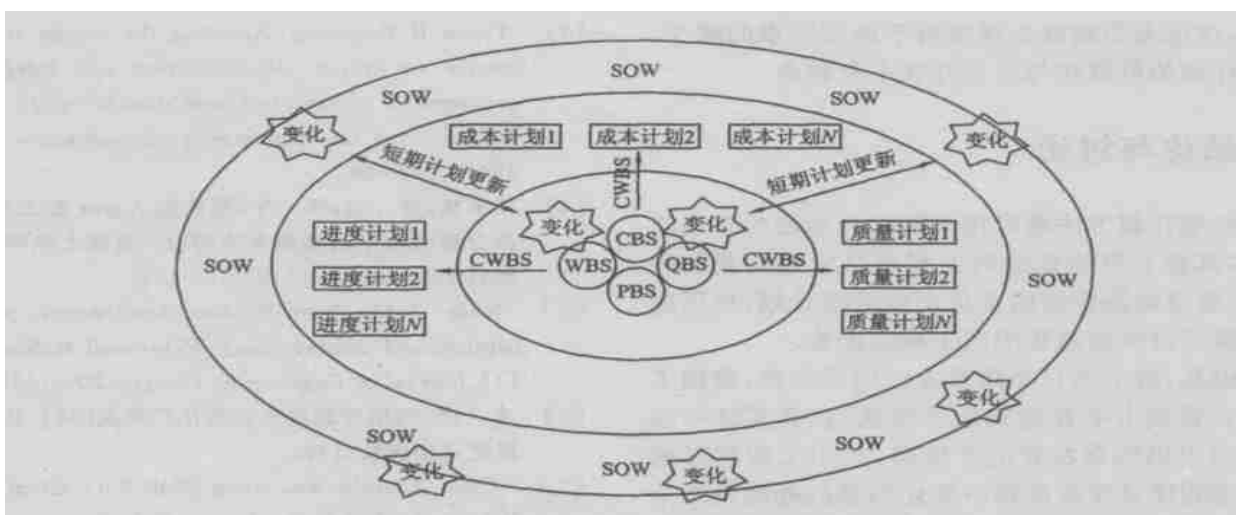


图 5 动态环境下的变化信息管理策略

多不确定性因素<sup>[5]</sup>, 不确定性因素使得初始主计划在实施过程中不可避免地出现差异, 如何及时识别、表达进而处理这些因素, 是项目持续计划工作的首要关注点

在项目实践中, 工序活动之间的依赖与约束关系往往只能由管理者凭经验给定, 无法在信息层面实现环境动态变化信息与活动依赖属性的有机结合, 所以当前面临的主要问题是及时捕获、表达计划执行过程中的变化, 并将各类变化信息与原有的信息分解体系紧密融合<sup>[6, 7]</sup>, 借助相关信息处理技术与工具, 进行持续的计划更新, 充分发挥信息沟通在工程持续计划控制中的作用

这种管理策略的基本思想在于通过持续的计划更新, 提高计划体系对动态变化环境的适应性, 从风险角度科学度量各类变化因素(内部的、外部的、可控的及突发的等), 在系统考虑其衍生效应的前提下, 建立计划持续更新机制

c 基于尺度的计划评价与差异分析 在大型土木工程计划控制的全过程中, 及时评价短期可执行计划的实施效果, 及时识别执行差异, 是大型

土木工程持续计划体系应用过程中另一个不可回避的问题<sup>[8]</sup>.

计划任务完成率(PPC)是项目持续计划体系中的主要评测尺度, 但是在本项目应用过程中, 由于业主管目标多样性, 仅仅依靠 PPC 尚不足以保证对项目计划执行情况进行全面评价与控制. 基于此, 在沿用 PPC 作为评测尺度的前提下, 将工作任务分为实体性任务和非实体性任务, 分别建立了实体性任务完成率和非实体性任务完成率. 实体性任务是指由承包方在完成项目可交付物过程中涉及的任务; 非实体性任务则是在实体性任务实施过程中必须由业主参与的与信息和资源相关的管理性任务. 对实体性任务的跟踪主要是为合同支付管理服务, 对非实体性任务的跟踪评价则是为提高业主管效率服务.

### 3.3 应用效果分析

本应用系统自 2001 年 6 月开始开发, 于 2002 年 1 月投入正式运行.

从图 6 可以看出, 随着持续计划系统的应用, 项目计划任务完成率处于一种不断提高的发展趋

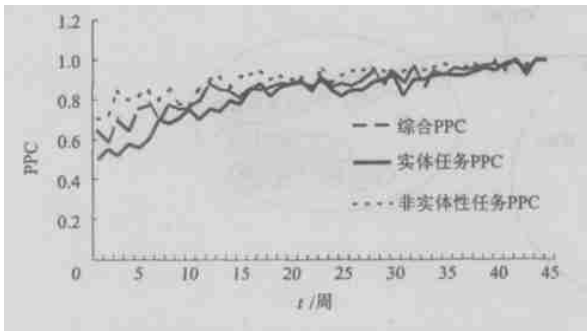


图6 武汉市轨道交通工程项目持续计划系统实施效果

势中,这也表明随着工程项目不确定因素的减少,项目计划的可靠性与可控性在不断提高

### 4 结论与讨论

持续计划方法是对传统网络计划法的拓展与创新,其核心思想是针对工程项目管理的复杂性特点,通过动态连续的多层次多阶段计划,尽可能地消除项目实施过程中的不确定因素

但是,由于其自身体系方法的不完善,我国工程项目管理水平普遍偏低的现状,在其实施与应用过程中仍然存在着诸多障碍,其中工程信息的规范化和项目实施过程中变化因素的处理是两个突出的问题 通过借鉴项目持续计划系统的核心思想,与武汉市轨道交通一号线工程实践相结合,作者讨论了相关问题的解决方案及应用效果 可以预见,随着持续计划方法在我国逐渐被接受,该方法体系必将越来越完善,进而将大大提高我国

### 大型建设工程计划控制效能

#### 参 考 文 献

[1] Project Management Institute, Inc. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) [M] Carolina: PMI Publishing Division, 2000

[2] Ballard, Glenn The Last Planner System of Production Control [D] Birmingham: School of Civil Eng., Faculty of Engineering, The Univ. of Birmingham, 2000

[3] Tyson R Browning Applying the design structure matrix to system decomposition and integration problems: a review and new directions [J] IEEE Transactions on Engineering Management, 2001, 48(3): 292-306

[4] 任玉珑, 吴 匀, 朱 宁. 层次型Agent在工程量工作分解结构中的构建及应用[J] 重庆大学学报(自然科学版), 2002, 25(5): 140-143

[5] Nader Sabbaghian Product development process capture and display using Web-based technologies [J] Journal of Engineering Design, 2002, (2): 1-6

[6] 王 诺. 网络计划技术及其拓广研究[M] 北京, 人民交通出版社, 1999

[7] Chen Chun-hsien, Ling Shih Fu, Chen Wei Project scheduling for collaborative product development using DSM [J] International Journal of Project Management, 2003, (21): 291-299

[8] Annie Millara, Ronald S. Simeoneb, John T. Carnevale Logic models: a systems tool for performance management [J] Evaluation and Program Planning 2001, (24): 73-81

### Study of Last Planning System in Large-scale Civil Engineering Project

WANG Jun-song<sup>1</sup> YE Yan-bing<sup>2</sup>

(1. School of Civil Eng. & Mechanics, HUST, Wuhan 430074, China;

2. Research Inst. of Sys. Eng., HUST, Wuhan 430074, China)

**Abstract** The Network-based plan method, especially the Critical Path Method (CPM) is adopted extensively in the area of civil engineering project management. However, It exposed many absences when the engineering project become more huge and more complex. Setting the 1# line of Wuhan railway transit project as the application background the limitations of CPM are analysed. The application framework and the enforce strategy for the application of the last planner system in the large-scale civil engineering project of China are represented, which considers the relative obstacle factors during the application of process.

**Key words:** last planning system; application framework; large-scale civil engineering project; lean construction