

大型工程网络计划工期-成本优化研究

李俊奇

(城建系, 北京 100044)

摘要 本文针对目前网络计划工期-成本优化实际应用中存在的几个问题进行了分析研究, 并结合大型工程提出解决方法, 从而使网络计划工期-成本优化更具实用性。

关键词 网络计划; 工作费-时关系; 工期-成本优化; 间接费-工期曲线

分类号 TU71; TU721.2; F407.9

0 引言

网络计划工期-成本(以下简称 T-C)优化用于工程实践, 主要应解决三方面的问题: 1、如何获得各工作费-时关系; 2、如何建立直接费-时间网络图并据此求出工程直接费-工期最优曲线; 3、如何求出间接费-工期曲线。然而长期以来, 对 T-C 优化的研究, 大多停留在理论上, 忽略了理论同实际的结合。尤其是对大型复杂工程网络, 在目前我国建筑企业计算机尚未普及, 也无较实用的软件情况下, 没有一种易于掌握的求解方法。为此, 针对大型网络, 需对上述三方面问题予以探讨。

1 工作费-时关系

任何一项工程任务都由若干工作组成, 因此直接费曲线的准确获得直接依赖于这些工作在经济和历时上的合理性。

1.1 工作费-时关系的型式

有连续型、离散型和混合型三种(图1)。对一般建筑工程, 多数可归结为连续型。

收稿日期: 1996-06-12

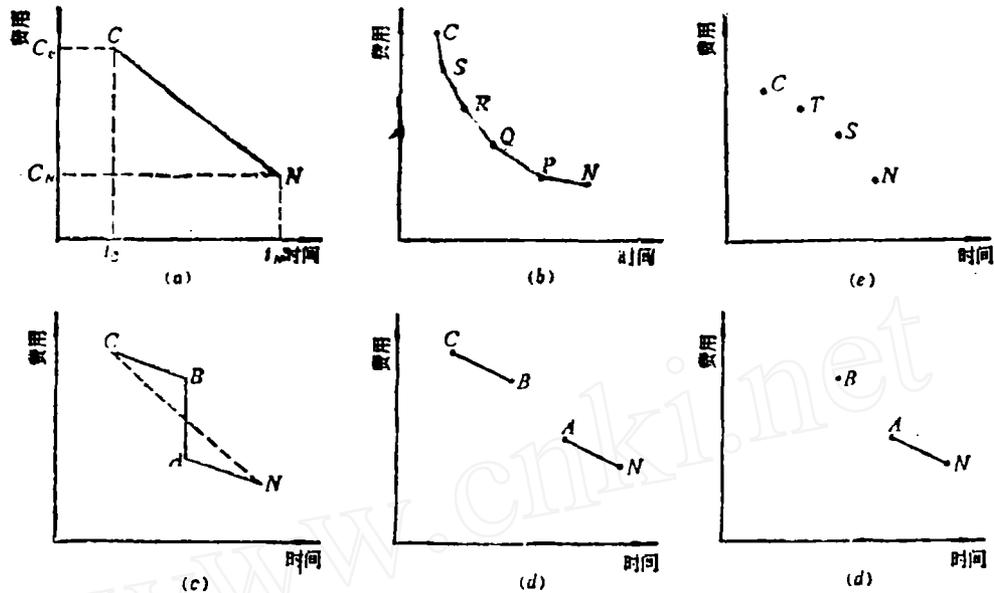


图1 工作费-时关系型式

1.2 工作费-时关系的分析依据及其方法

确定工作费-时关系的主要依据有：施工预算；劳动定额、机械使用定额、材料消耗定额、工期定额；劳动力、机械、材料供应能力；施工单位积累的施工经验、历史资料 and 施工操作规程；施工图纸及有关水文、地质等技术经济资料；现场施工条件；市场情况、物价指数及有关政策规定等。

工作费-时关系的分析方法根据不同级别的网络有所不同。

1.2.1 子网络或细分网络工作费-时关系

- a. 对单一施工过程工作，可采用分析计算法；
- b. 对扩大合并的“工作”，可将其分解成细分网络进行分析计算，如图2即是某构筑物子网络中“单仓池壁”这一“工作”的细分网络。

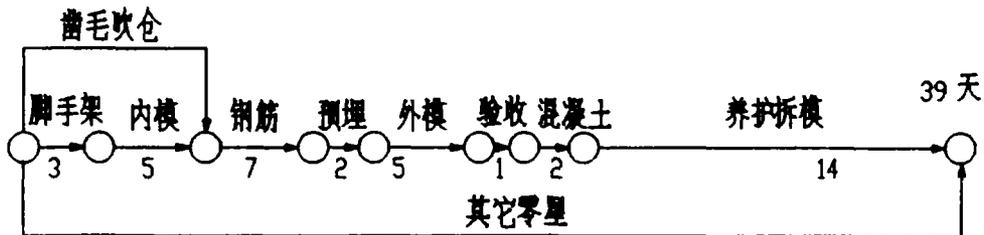


图2 单仓池壁细分网络

c. 对缺少定额的工作宜采用三时估算法。

1.2.2 总网络或局部网络“工作”费-时关系

a. 子网络 T-C 优化法

即将子网络直接费-工期最优曲线作为总网络或局部网络“工作”的费-时关系。一般应根据具体情况将其作折线处理加以简化。此法适用范围最广，准确性高，但工作量较大，一般对大型工程中主要单位工程或分部分项工程应用此法。

b. 类比分析法

在同一时期，对结构类似、工程量相近、施工方法和加快措施相同的单位工程可参照已有子网络直接费-工期最优曲线进行类比分析，求出其费-时关系。此法多适用于同一地区、同一施工单位内部，而且需对产生误差进行分析。

c. 专家评估或协商估算法

有时可以用特尔斐法或派生特尔斐法进行专家评估，或参考工期定额、施工预算和历史资料等协商估算来确定。

1.3 工作费-时关系的影响因素

工作费-时关系的影响因素颇多。首先考虑的应是加快措施。不同的加快措施有不同的费用增加因素和数量，如加班就要增加加班费和夜餐补贴等。其次还不能一个工作单独考虑，而要和别的工作联系等。再次还包括器具、能源、劳保、安全、工作面减小造成的效率降低、物价变动甚至于材料浪费等。而且这些因素本身又在变化，所以工作费-时关系不是一成不变的。

一般情况下，人工操作为主的工作，其费用斜率和参加该工作操作的工人人数以及技术等级有关。人数愈多，费率值愈大；等级愈高，费率的递增愈快。

对于机械作业为主的工作，其费用斜率和工程量大小以及机械设备水平有关。工程量愈大，费率值愈大；设备水平愈高，费率的递增愈快。

2 建立正常施工直接费-时间网络图

根据工作费-时关系，可以建立正常施工总体网络。一般采用双代号时标网络，将时间、费用等参数标在箭线上。

同时，应遵循下列两条原则：

- a. 工作费用-时间对应原则。即网络图中任一工作的直接费同其持续时间相对应。
- b. 总额分摊原则。即网络图中所有工作的直接费之和等于工程总直接费。

3 求解直接费-工期最优曲线

一般采用循环压缩法,但用此法直接对大型工程网络进行优化计算十分繁琐,所以应分部分级求解。求解程序见图3。

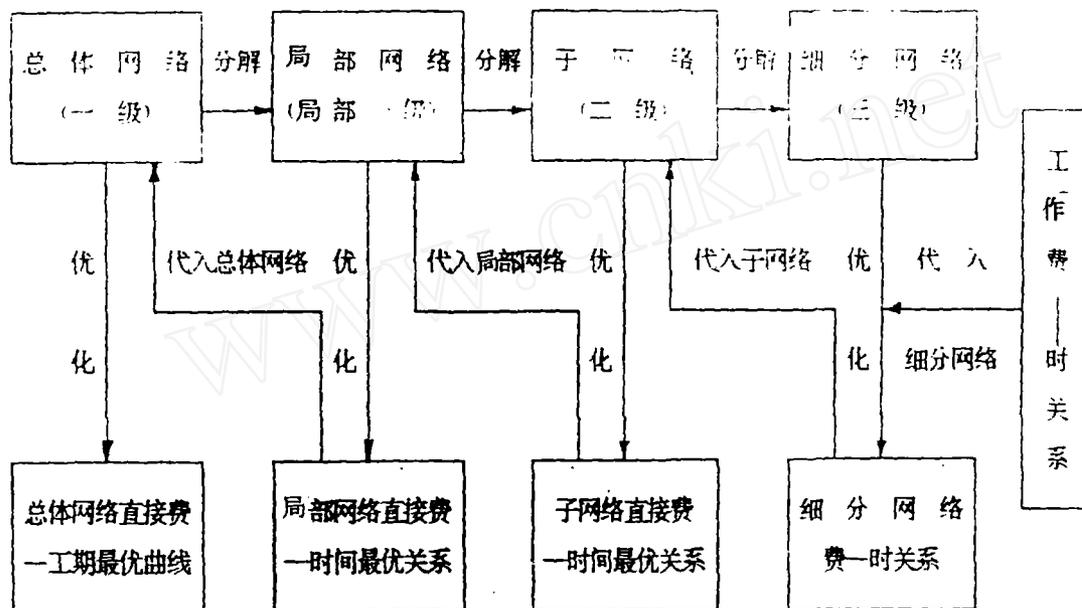


图3 大型工程网络直接费-工期最优曲线求解程序

3.1 将总体网络分解成局部网络

可以按工艺系统、施工区域或施工阶段等来进行划分局部网络(局部一级)。

3.2 子网络分解

选取总网络图中位于关键线路和次关键线路上主要单位工程进行分解,绘制子网络(二级)。子网络的工序一般可以是综合的施工过程或合并的工艺组合工作,也可以是单一施工过程。

3.3 子网络直接费-工期最优关系求解

通过细分网络和前述方法求出所有子网络工作费-时关系，代入子网络求出其直接费-工期最优曲线。

3.4 逐级进行优化计算

从子网络开始，以下一级网络直接费-工期曲线为上一级网络的“工作”费-时关系，逐级进行优化计算，直至得到总网络直接费-工期最优曲线。

4 工程间接费-工期曲线

间接费-工期曲线的正确与否，是 T-C 优化的又一关键。过去通常采用以工程直接费乘以系数的方法求得工程间接费，然后按工期均摊即为工程间接费率。此法虽计算简单，但由于：一、理论间接费往往落后于实际；二、将间接费作近似直线假设有时显得不够精确。所以需要对其进行仔细研究和分析。

4.1 间接费的分类

大型工程项目的间接费可以按受益对象不同分成综合间接费、项目间接费和工作间接费。

综合间接费，是指那些不是直接发生在某一特定工程项目上的间接费用，如上级管理费。项目间接费是指直接发生在某工程项目上的间接费，如承揽该工程项目的施工队发生的管理费。工作间接费是指能分摊到工作水平上的间接费用，一般是特殊条件下发生的一些间接费用，如部分冬季施工和夜间施工所增加的一些间接费用和某些临时设施费用等。

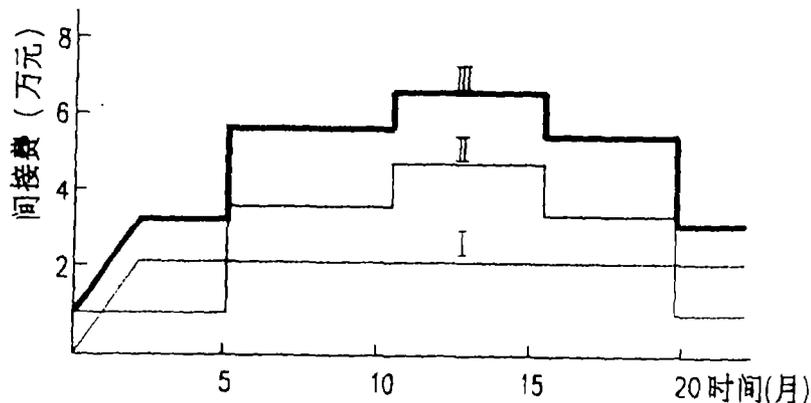


图 4 不同类型间接费时间序列曲线

间接费随工期的延长而增加。按照间接费随时间序列是否变化可将其分成两类: 不变间接费和可变间接费。

不变间接费, 指随着工期的延长匀速增加或者每单位时间内发生的数额相等或近似相等的间接费用。包括综合间接费和一部分项目间接费(如工号负责人工资等)。这类间接费的变化曲线如图4曲线I所示。

可变间接费, 指随着工期的延长并非匀速增加(可能是某时间区间内匀速增加), 或者每单位时间内发生的数额不等的间接费用。包括工作间接费和一部分项目间接费。如图4曲线II所示。

对于一个工程项目, 究竟包含了哪些类型间接费, 要作具体分析。如果出现可变间接费, 间接费-工期曲线变得更加复杂。

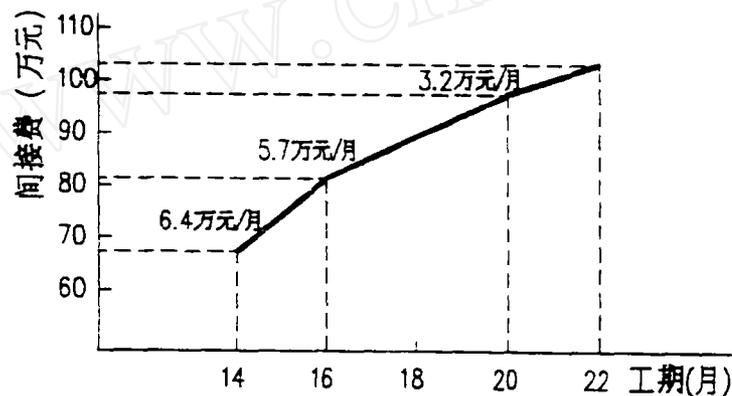


图5 间接费-工期曲线

4.2 间接费的影响因素

间接费的影响因素很多, 如果对这些因素考虑不周, 就会使所得结论同实际相差较远。

一般来讲, 除了影响直接费的因素外, 诸如加快措施、工程性质和规模、市场价格等, 还有以下几种主要因素:

- a. 施工企业的管理水平;
- b. 非生产人员与生产人员的比例;
- c. 施工机械的利用率和完好率;
- d. 施工条件;
- e. 临时设施;

另外, 季节的影响也是主要因素。

4.3 间接费-工期曲线求解方法

近年来,有研究者⁽²⁾提出采用模糊数学中的综合评判方法确定间接费的影响系数,从而求出多种因素影响下的间接费率。此法求出的间接费率精度要比传统方法高,但此法中要用到历史资料同理论间接费的比值。

对如何研究历史资料,本文提出一种分析方法,具体作法如下:

a. 归集分配间接费

按时间序列找出该工程项目间接费和工作间接费,并计算应分摊的综合间接费。分摊的原则是:以不同类工程,按人工费比例进行分摊;对同类工程,按预算直接费或承包额比例等进行分摊。具体采用哪一种,应征得有关部门同意。

b. 将以上每项间接费按不变和可变进行分类。不变是相对的,可以取其平均值。

c. 绘出不变间接费和可变间接费时间序列曲线,然后将它们进行迭加,得到总间接费时间序列曲线,如图 4 曲线Ⅲ。

d. 在可能工期范围将总间接费时间序列曲线进行累积,得到间接费-工期曲线,如图 5。

分析求出某项工程或某类工程间接费-工期曲线后,就可以将欲求工程同本工程进行比较,综合考虑各种影响因素加以修正后使用。也可采用文献(2)所述方法求出多种因素影响下的间接费率。

5 工程成本-工期最优曲线

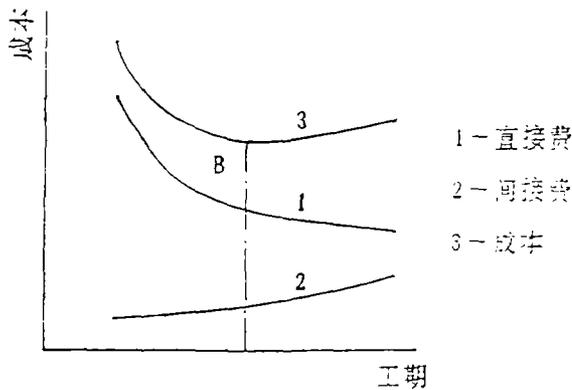


图 6 成本-工期关系曲线

将直接费-工期最优曲线和间接费-工期曲线进行迭加,便可得到工程成本-工期最优

曲线,如图5中曲线3所示。工程成本曲线上的最低点B即是工程施工最优计划方案。

在考虑工程总费用时,有时还应考虑可能因拖延工期而罚款的损失或提前竣工而得的奖励以及因提前投产而获得的收益和资金的时间因素的影响。

6 几点建议

笔者根据上述方法,结合北京市重点工程——高碑店污水处理厂一期工程进行了实际应用,求出了优化工期和最优计划方案,部分结论已在二期工程中使用。下面根据在实际运用中的体会谈几点建议:

6.1 关于工作划分和费用分配

不论哪一级网络,其工作的划分均应本着一条原则,即在能够正确反映逻辑关系的前提下,使工作按工艺组合关系或部分项尽量合并,以使网络简单,便于求解。

在费用分配时,有些地区工程概(预)算费用组成中无间接费一项(如北京地区94年新开工项目),此时应根据费用内容和实质按直接费和间接费重新进行分配。当然,也可以在进进行工作费-时关系时将间接费和直接费均考虑进去,然后直接求出工程成本-工期曲线。

6.2 关于分部分级优化

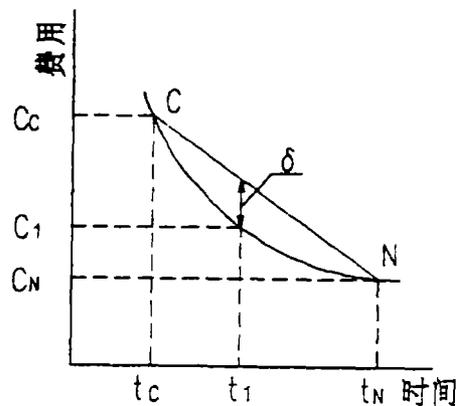


图7

子网络的直接费-时间最优曲线无疑为总网络提供了更为准确的“工作”费-时关系,大大提高了优化的准确性,而且可将大型复杂网络T-C优化问题化解为若干简单的网络优化问题。但此法仍然是一种近似解法。尤其是在采用了局部网络时,并不是所有可供选

择的最有利加快方案都在这个局部网络中, 所以局部网络的划分不宜过多。

同时, 在将子网络成本-工期最优曲线作折线处理代入上一级网络时, 折线段的数目多少对最后的结果会产生影响。折线段愈多, 结果愈精确, 但会使计算复杂。所以应控制折线段数。根据经验, 一般 2~4 段, 其划分依据可以是: $\delta / C_1 < 5 \sim 10\%$ (如图 7)。

6.3 关于间接费

采用历史资料分析得出的结论具有一定的时间性, 只适用于今后一定时期内, 如果相隔时间较远, 则应视有关政策、市场物价和通货膨胀等因素具体考虑能否应用。所以建议平时注意按工程项目归集分配间接费, 每隔一段时间作些间接费(率)分析。

6.4 正确认识优化

现实工程建设中可变因素多, 包括技术上和社会上的影响, 有时造成优化工期和优化方案不能实现, 但是通过 T-C 优化技术进行调整和控制仍能使成本、工期的目标在多种因素影响下完成得最好。事实上, 优化不仅可以为决策提供依据, 而且是进行项目控制的主要技术之一, 优化应贯穿计划实施的全过程。

参 考 文 献

- 1 中国建筑学会统筹管理研究会. 工程网络计划技术. 北京: 地震出版社, 1992
- 2 乔志勇. 双代号搭接网络计划模式及其成本-工期优化的研究. 西北建工学院硕士论文, 1990.8
- 3 郑达谦. 网络计划成本-工期优化. 统筹法在工程中的应用, 1982:94
- 4 James M. Antill. Critical Path Methods in Construction Practice, -4th ed., 1990

Study of Large Network Plan Time-cost Optimization

Li Junqi

(Dept.of Urban Construction Engineering, Beijng 100044)

Abstract Three main problems in application of network plan time-cost optimization, which are how to establish direct cost-time relation and indirect cost-project duration curve, are analyzed in this paper. And then the solving approaches to large network are developed. These approaches make time-cost optimization more applicable.

Key words network plan; activity cost-time relation; time-cost optimization; indirect cost-project duration curve