

文章编号 :1008-973X(2000)04-0453-06

网络优化技术在工程索赔管理中的应用

毛义华

(浙江大学 土木工程学系,浙江 杭州 310027)

摘 要 在分析索赔的概念、内容基础之上,试图利用工期-成本优化、工期-资源优化的原理及方法,以两类典型的工程索赔问题为例,寻求运用网络优化技术解决工程索赔定量分析问题的途径,为确切计算索赔值、获取合理索赔方案提供基础和依据。

关键词 网络优化技术;工程索赔管理;应用

中图分类号:C934

文献标识码:A

由于任何土建工程都具有固定性、唯一性、技术复杂性、规模大、工期长、成本高、风险大等特点,这使得业主与承包商签定的合同在不同程度上都存在着差错漏洞、考虑不周或始料不及的实际问题。而这些问题都可能导致合同双方在工程建设过程中产生违约行为。这将使承包商的总投资远远超过其预算报价,故靠低报价中标的承包商若不善于工程索赔,则很难在该项工程中赢利。目前我国施工企业的项目合同管理相对落后,企业缺乏工程索赔意识和索赔管理机制,这对于我国企业参与国内外工程承包业务非常不利。为了维护承包商和业主的正当利益,提高工程管理水平,需对工程索赔进行专门研究,建立一种科学合理的计算分析方法,使业主和承包商确定出较为合理的索赔工期及费用,以达到成功索赔的目的。

由于网络计划技术具有鲜明的科学性、通用性、计算结果的确定性及其对于计算机运算的适用性等特点,使之有可能成为建筑工程索赔定量分析的有力工具。本文试图在分析索赔的概念、内容的基础之上,通过对网络优化原理的分析研究及其在两类工程索赔问题中的应用,寻求运用网络计划技术解决工程索赔定量分析问题的途径,为确切计算索赔值提供前提和依据。

1 索赔的内容和步骤

索赔是承包商在合同实施过程中根据法律及合同规定,对并非由自己的过错或疏忽,并且属于应由业主承担责任的情况所造成的实际损失或额外费用(与合同标准相比较而言)向工程师提出请求给予补偿的要求,包括要求经济补偿和工期延长两种情况,对业主不具任何惩罚性质。

引起索赔的原因有许多种,而其根本原因在于建筑承包业竞争日益激烈,承包商竞相压低标价以求夺标,这将使承包商承担更多的工程风险,亏损可能性增大。一旦这种亏损成为现实,承包商就会通过索赔的方式向业主提出工期延期和费用的补偿。其程序见图 1 所示。

工程索赔一般包括工期索赔和费用索赔。其中费用索赔是索赔的重点和主要部分,工期索赔在很大程度上也是为计算费用索赔服务的。索赔款额的计价方法很多,在国际上通常有总费用法、修正的总费用法、实际费用法、合理价值法和审判裁定法等。这些方法各具优缺点,我们应该根据工程项目的实际情况加以选择。本文试图应用网络计划技术的优化原理来对工期和费用索赔进行计算。

收稿日期:1999-06-20

作者简介:毛义华(1963-),男,浙江杭州人,浙江大学副教授,从事建筑经济与管理的 research。

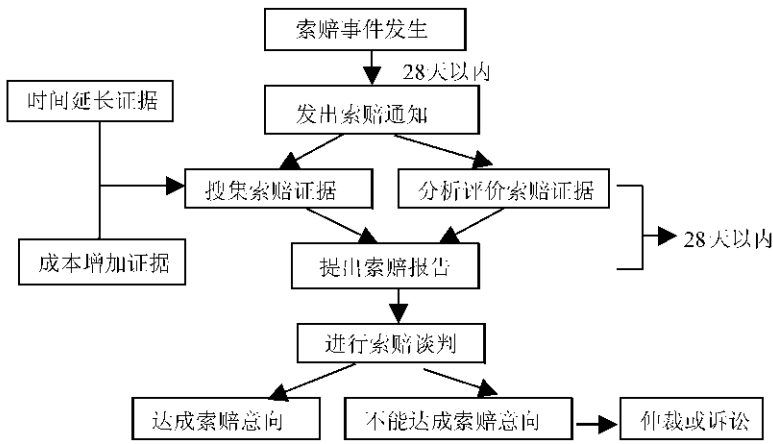


图1 索赔管理的程序

Fig.1 Procedures of claims management

2 应用网络优化技术进行工程索赔计算

网络技术的优化主要包括工期-成本优化和工期资源优化。工期-成本优化是寻求最低成本时的最短工期。由于关键线路决定工程的工期,一般压缩关键工作的持续时间,而使增加的直接费最少。而工期-资源优化主要是在资源有限的情况下,如何使工期最短以及在工期固定的情况下保证资源均衡两种情况。工期固定-资源均衡优化方式的衡量标准通常采用均方差指标,它的计算精度较高。均衡指标越小,均衡性越好。

2.1 基于工期-成本优化的工程延期索赔计算

工程延期索赔是业主违约、不利的自然条件、客观障碍、恶劣天气、工程师指令、合同变更等引起的承包商向业主要求的工程索赔。工程延期索赔包括工期索赔和费用索赔,其大致可以分为因增加额外工程量导致的工期延期索赔和由其它原因引起的工程延期索赔。如该延期是由业主(或监理工程师)引起的,承包商既可索赔工期又可索赔额外增加费(如赶工费),如该延期是由承包商自身导致的,则不索赔;若其既非业主又非承包商原因引起的,则承包商可要求索赔工期而不可要求索赔费用。

应用网络优化解决工程延期索赔原理的基本思路是通过施工初始网络计划图、状态网络计划图和调整网络计划图的比较,确定合理的赶工方案及赶工费用分摊情况。其中,施工初始网络计划图是施工前编制的反映预定计划工期网络图;状态网络计划图是执行过程中反映施工工期变化及各项延期影响的网络图;调整网络计划图是经过按工期-成本最优化调整后修订的反映延期累积效应的网络图。其具体的方法步骤如下:

(1) 首先绘制初始网络图,然后根据各工序正常延续时间,计算网络计划时间参数。

(2) 调整网络,按最经济的赶工方案修订网络计划,即对工程未完部分关键线路长工序按赶工费用率递增顺序依次安排赶工,先加快赶工费率最小的工序,该工序合理加快时间为

$$\Delta T = \min\{ (T_{i-j\max} - T_{i-j\min}), TF_{i-j\min} \}$$

式中, $T_{i-j\max}$ 为工序 $i-j$ 正常持续时间, $T_{i-j\min}$ 为工序 $i-j$ 最短持续时间, $TF_{i-j\min}$ 为与工序 $i-j$ 平行的非关键工序的最小总时差。

(3) 分析确定影响工期的工序是否位于关键线路上,若是,则将其作为分摊赶工费用的对象,反之,若延期小于该工序总时差,则不必考虑。分摊赶工费的方法可采用拖期与赶工顺序相对应的方法,即:在拟压缩工程的剩余工序赶工费率不同时,按引起拖期的顺序来分摊赶工费用。最早发生的拖期用最先安排的最小费用率工序的赶工费分摊补偿,随后发生的拖期按次之安排的工序的赶工费分摊补偿,以此类推。

(4) 计算出赶工费用, 赶工费用的计算模型为

$$C_n = C_{n-1} + \Delta T_n * (K_{i-j} - \xi).$$

式中, C_n 为第 n 次加快时赶工费用总和 ($n \geq 1$), C_{n-1} 为第 $n-1$ 次加快时赶工费用总和, ΔT 为第 n 次工序加快时间, K_{i-j} 为第 n 次加快工序的成本斜率, ξ 为日间接费率。

(5) 重新计算未完工部分调整后的时间参数, 确定关键线路, 再次重复(3)(4)步骤, 直至调整工期满足预定要求, 得到最为经济的赶工方案。累计延期工序的赶工费用总和, 考虑相应的额外管理费, 合并即为工程延期索赔费用。基于工期-成本优化的工程延期索赔计算流程图如图 2 所示。

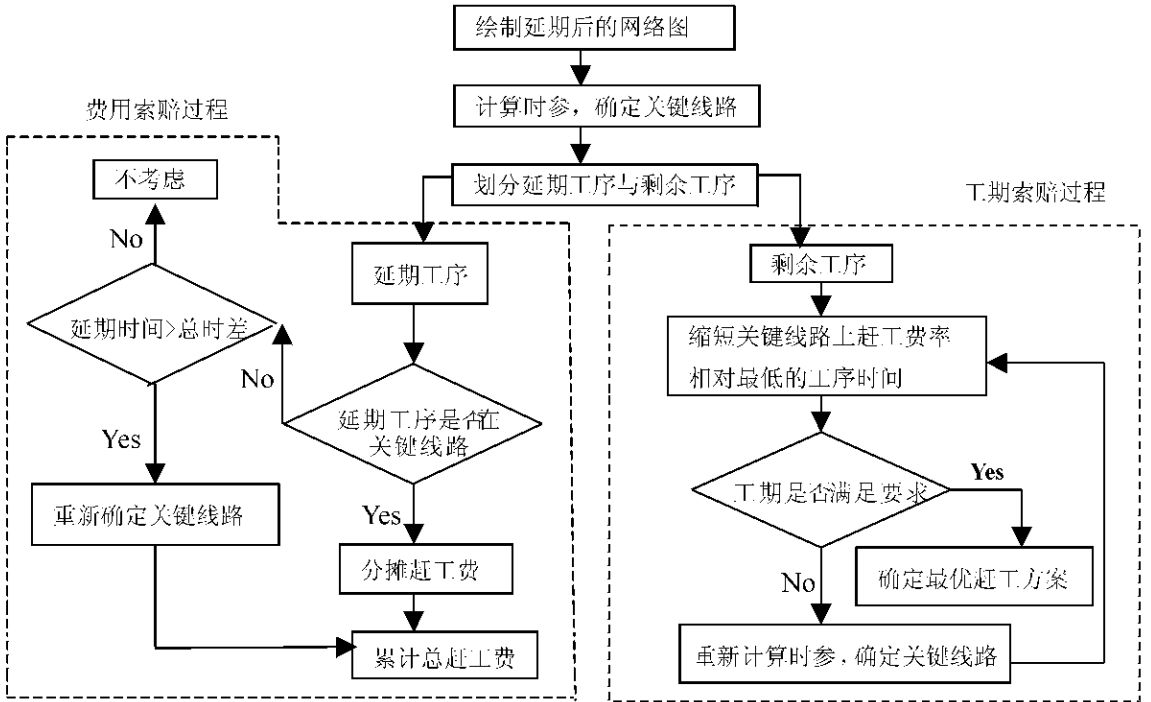


图 2 基于工期-成本优化的工程延期索赔计算流程图

Fig.2 Calculation flow of claim for extension of time based on the network optimization methods for construction time-cost

2.2 基于工期固定-资源均衡优化的资源索赔计算

由工程变更引起的资源索赔是施工索赔的主要内容之一, 这种索赔主要是指由于业主的原因引起的工程变更, 施工进度改变导致资源(如劳动力资源, 设备等)动用、闲置、效率降低等原因引起的承包商对业主进行的资源索赔。它包括动用追加的资源造成额外开支的资源动用损失索赔, 为完成附加工程量而不得不暂时减少或中断使用某些资源而造成的资源闲置损失索赔和因工程变更导致资源利用率和生产率下降而造成的资源效率损失索赔⁴¹。

应用网络优化解决工程资源索赔的基本思路是在原工程资源分配基础上, 根据工程变更要求改变的工程量, 考虑在现有资源量下, 是否可通过在不改变工序逻辑顺序的前提下, 重新调整各项工序的工作时段以满足工程变更要求, 若必须引入额外资源, 则在原工期-资源图上重新确定各时段的资源需求量。通过与初始计划方案的比较, 运用均方差最小方法调整各项工序工作时段, 使资源尽可能均衡分配, 以减少各项资源损失索赔费用。其方法与步骤为: 首先, 绘制初始工期-资源优化网络图, 确定资源需求量; 其次, 根据工程变更需附加的额外工程量, 初步考虑原有资源是否可满足新的工期-资源要求, 若满足, 则只需考虑计算资源闲置费用和效率降低费。若不满足, 则需根据总工程量, 按均方差最小原则重新计算资源需要量, 进行资源均衡分配, 以减少资源动用、闲置及效率降低引起的资源追加及损失费。

在工程工期固定条件下, 以均方差最小作为资源均衡目标的优化原理及方法是假定在有时间坐标的网络计划中, 某一非关键工作 $i-j$, 开始于第 k 天, 结束于第 $l-1$ 天, 每天需要资源数量

为 r_{ij} ,那么 ,当它利用局部时差向后(右)推移一天时 ,显然在原先的动态曲线上 ,第 k 天的总需要量将减少 r_{ij} ,而第 l 天的总需要量将增加 r_{ij} ,则工作 $i - j$ 推后一天时 ,方差之和的增量为 $[(R_l + r_{ij})^2 - R_l^2] - [R_k^2 - (R_k - r_{ij})^2]$ 化简可得 : $2r_{ij}[R_l - (R_k - r_{ij})]$ 由此可知 ,若 $R_l - (R_k - r_{ij})$ 为负值 ,说明工作 $i - j$ 右移一天 ,能使方差之和减小。设 $R_k^1 = R_k - r_{ij}$ (R_k^1 为第 k 天不包括工作 $i - j$ 在内的资源总需量) ,则当 $R_l - R_k^1 \leq 0$,即 $R_k^1 \geq R_l$ 时 将工作 $i - j$ 右移一天 ,资源需要量均方差将减小或不变 ,资源分配的均衡也将得到改善。其具体做法是调整应从终结点开始 ,逆箭头方向 ,按工作完成节点编号由大到小 ,逐个调整非关键工序的最早开始和结束时间 ,同一完成节点的工作则先调整开始时间较迟的工作 ,在所有工作都按上述顺序自右向左进行调整至起点之后 ,可发现资源分配较原先均衡。为了使方差值进一步减少 ,可按上述步骤自右向左进行多次调整 ,直至所有工作的位置都不能再移动为止。

资源追加费和资源闲置及效率降低所引起的损失费的计算模型如下 :

(1) 资源动用费的计算。若 m 为资源追加的工序数 , p 为动用资源的种类 ,则资源动用损失费(追加费) L_{ij}^1 的计算公式为

$$L_{ij}^1 = L_{ij}^{11} + L_{ij}^{12}.$$

式中 , L_{ij}^{11} 为可变资源(如劳动力、生产工具等)动用费 ,计算公式为

$$L_{ij}^{11} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p l_{ij} \cdot t_{ij} \cdot n_{ij}.$$

式中 , l_{ij} 为可变资源单位成本价(元/工日或元/台班) , t_{ij} 为追加可变资源的日期(日或班) , n_{ij} 为每日追加资源量(工或台)。

L_{ij}^{12} 为固定资源(如机器、设备等)动用费 ,计算公式为

$$L_{ij}^{12} = (f_j/t_{ij} - f_j/t_{0j})t_{ij} = f_j(1 - t_{ij}/t_{0j}).$$

式中 , f_j 为动用资源 j 的总固定费用(如机械进退场费等)(元) , t_{0j} 为原计划应用资源的时间(日) , t_{ij} 为工程变更中追加应用资源的时间(日)。

(2) 资源闲置损失费 L_{ij}^2 的计算。若 m 为发生资源闲置的工序数 , p 为闲置资源的种类 ,则计算公式为

$$L_{ij}^2 = L_{ij}^{21} + L_{ij}^{22}.$$

式中 , L_{ij}^{21} 为可变资源的损失费 ,计算公式为

$$L_{ij}^{21} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p l_{ij}^1 (t_{ij1}^1 n_{ij1}^1 - t_{ij0}^1/n_{ij0}^1).$$

式中 , l_{ij}^1 为可变资源日单位闲置费用(元/工日或元/台班) , t_{ij1}^1 为工程变更后可变资源闲置时间(日) , n_{ij1}^1 为工程变更后每日资源闲置量(工或台) , t_{ij0}^1 为工程变更前可变资源闲置时间(日) , n_{ij0}^1 为工程变更前每日资源闲置量(工或台)。

L_{ij}^{22} 为固定资源的损失费 ,计算公式为

$$L_{ij}^{22} = r_j(u_{1j} - u_{0j}).$$

式中 , r_j 为资源 j 单位闲置时间的成本支出(元/日) ,若工具为自有资源 : $r_j = r_k + r_0$ (r_0 为日折旧费 , r_k 为日维护费) 若工具为租赁资源 : $r_j = r_k + r_r$ (r_r 为日租赁费 , r_k 为日维护费) , u_{1j} 为工程变更后资源 j 的闲置时间(日) , u_{0j} 为工程变更前资源 j 的闲置时间(日)。

(3) 资源总投入费用(工程变更索赔费用)的计算。计算公式为

$$L_{ij} = L_{ij}^1 + L_{ij}^2.$$

将优化以后的网络计划资源总投入费用 L'_{ij} 与初始网络计划的资源总投入费用 L_{ij} 相减 ,其差值 ΔL_{ij} 就是工程更改所引起的最低资源索赔值。其公式为

$$\Delta L_{ij} = L'_{ij} - L_{ij}.$$

3 基于工期固定-资源均衡优化的资源索赔计算实例

某工程的初始时标网络图如图 3 所示,箭杆上方为劳动力日资源需要量,箭杆下方为工序作业持续时间。接受该项工程的工程队原有在编工人 110 人,生产工具 22 套(即按需要平均每五人一套生产工具)。劳动力日单位成本价 20 元/日,若闲置,则为 5 元/日。生产工具日单位租赁使用维护费 50 元/日,应用维护费 10 元/日,折旧维护费 2 元/日。该工程③→⑥工序需要一台设备 A,其进场费 2 000 元,日租赁维护费 115 元/日。若该项工程进行到第 20 天时,工程师根据业主要求发出指令,新增附加工程②→⑤,且不可延长工期。经计算,单独进行该项工程需增加劳动力资源 70 人/日,生产工具 14 套及一台设备 A。试求最经济的工期资源分配方案及相应的资源索赔费用。

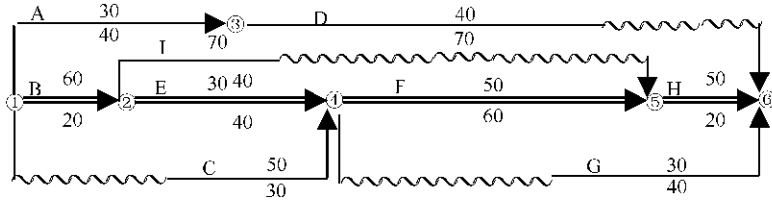


图 3 某工程时标网络计划图

Fig.3 Network diagram of a specific project

通过计算,初始网络计划的资源动用费用为 308 650 元,其中劳动力 270 000 元,生产工具为 28 600 元,设备为 10 050 元。资源闲置费用为 26 000 元。资源投入费用 334 650 元。当工程进展到第 20 天时,增加附加工程②→⑤,若工程变更后,不对原网络计划图进行重新优化,仅在原图上添加该附加工程,通过绘制工期资源网络图,计算追加总资源费用为 60 964 元。若要按均方差最小原理来调整网络进度计划,均衡分配资源获得工期资源优化网络图,此时,资源动用费为 376 700 元,资源闲置费为 8 320 元,资源总投入费用为 385 020 元,与变更前工程成本费相比较,追加总资源费(资源索赔值)为 $\Delta L_{ij} = L'_{ij} - L_{ij} = 385\ 020 - 334\ 650 = 50\ 370$ 元。

通过对比工程变更后,经过网络优化调整及未经调整的工期资源图得到的追加资源投入费(资源损失费),可以发现前者资源追加费较后者约少 $60\ 964 - 50\ 370 = 10\ 594$ 元,约占追加总投资的 20%。这说明调整后的资源均衡(或施工均衡性)较调整前大大提高,故而因不均衡施工而引起的临时费用(额外增员费,材料费,临时住房,设备等管理费用)大大降低,为施工企业大大节约了临时费用开支,提高了经济效益。

4 结 语

通过上面应用工程网络优化技术,解决工程延期索赔及工程变更后资源均衡分配索赔问题,可发现网络优化技术可为承包商提供客观合理的工程修改方案,为其提出确切的索赔额提供客观依据,同时,也有利于业主、监理工程师审核、查证索赔的确切性。

该方法的关键思路是:首先承包商根据原合同的相关技术文件、报价、工期计划等资料,分析原工程的工程量,按计划工程量、生产效率确定总劳动力用量和总成本费,绘制初始网络图,确定详细施工进度计划和工期;确定劳动力、材料、机械需求计划和需求量及相应管理费,确定原工程总价格和总工期。

再以实际工程所受的影响及业主、工程师的要求,用工程工期-成本优化原理、工期-资源优化原理,结合索赔款分项计价法,分别考虑工程量和劳动力增加、材料用量增加、工效降低等因素的影响,确定索赔数额及较为合理的工程修改方案,制定符合要求的施工进度计划。

然而,由于引起工程索赔的原因多样,各种因素对工程产生的后果各异且相互关系错综复杂,难以同时将多种因素综合考虑,故仅通过理论分析较难得到与工程实际相符合的索赔款额。这就需要通晓合同、法律、商务、工程技术的索赔管理人员,根据实际工程索赔经验、方法,结合工程实

际,对索赔额进行调整,对工程修改方案提出合理性建议。

参考文献:

- [1] 北京统筹法研究会. 统筹法与施工计划管理[M]. 北京:中国建筑业出版社,1984.
- [2] 汪小金. 土建工程施工合同索赔管理[M]. 北京:中国建筑业出版社,1992.
- [3] 梁铜. 国际工程施工经营管理[M]. 北京:水利电力出版社,1994.
- [4] 方秋水. 工程变更的索赔分析[J]. 建筑管理现代化,1991(1):34-36.
- [5] 赵永生. 工程误期损失索赔分析[J]. 建筑管理现代化,1998(1):20-21.
- [6] Ahuja H N Construction performance control by network[M]. New York:John Wiley & Sons,1976.
- [7] Masahiko Kunishima, E Mikio Shiji. The principles of construction management[M]. Tokyo:Sankaido,1996.

Application for network optimization technique in construction claim management

MAO Yi-hua

(Dept. of Civil Engineering, Zhejiang Univ., Hangzhou 310027, China)

Abstract :On the basis of the contention and procedures of construction management, the autor discusses the network optimization principles and methods for construction time & cost and construction time & resources, with actual cost method, make an attempt at obtaining more rational claim funds and modified construction schedules by way of adopting the technique of network optimization in two typical construction claim problems, so as to provide basis and reference for construction enterprises.

Key words network optimization technique; construction claim management; application

(责任编辑 张 明)