

工期延误分析方法的国际研究动态

王竹琳, 张水波

(天津大学 管理与经济学部, 天津 300072, E-mail: wzl5931@gmail.com)

摘要: 本文通过汇总近年来的国际延误分析方法的相关文献, 按照非关键路径类 (Non-CPM) 方法和关键路径类 (CPM) 方法两类分别进行介绍; 从方法比较和方法选择两方面对前任研究成果进行总结、讨论, 从同期延误、资源配置与限制、时差所有权和生产效率 4 个方面总结了相应的基本方法的改进思路。研究者们对已有方法进行比较, 分析每种方法的特点, 进而研究如何选择合适的方法, 同时也在不断地改善旧方法提出新思路, 使得延误分析方法向着精细化、复杂化和综合化的方向发展。

关键词: 工程项目; 延误分析方法; 关键路径类; 研究动态

中图分类号: TU723 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8859 (2011) 06-601-06

Review of Delay Analysis Methods

WANG Zhu-lin, ZHANG Shui-bo

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China, E-mail: wzl5931@gmail.com)

Abstract: This paper is a review of literature on delay analysis methods (DAMs) based on comparison and selection of DAMS. The DAMs are divided into critical path method (CPM) and Non-CPM. The improvements of DAMs which help to solve such problems as concurrent delays, resource allocation, float ownership and productivity losses are discussed. Through the comparisons of the existing DAMs, The features and suitability of each DAM are analyzed. New ideas for improving DAMs to promote precise development and integration are proposed.

Keywords: construction project; delay analysis method; critical path method; literature review

工程中的延误是指以推迟进度、延长时间或者其他方式改变了项目进度或工程竣工时间的行为或事件, 包括延期、停止、减速、干扰、重新制定进度计划、生产效率损失等情况^[1]。工程延误可能给项目带来各种坏的影响, 如竣工时间推迟、生产效率降低、加速赶工、成本增加、甚至是合同终止等。延误分析 (Delay Analysis, DA) 是指对造成项目延误的事件进行调查研究, 确定各延误事件对项目竣工的影响, 从而确定合同各方对于延误所应承担的财务责任的工作^[2]。延误事件责任的确定是一个复杂的问题: 首先, 不同的延误事件对总工期的影响程度并不相同, 需要对关键路径和非关键路径的进度偏差进行区分, 才能明确进度延迟或提前

是来自于何处^[3]; 其次, 延误可能是某一项目方的责任, 也可能是多方延误事件共同作用的结果; 另外, 某些延误事件可能会导致新的延误事件。而且, 工程项目复杂性的不断提高, 加大了解决工程中的工期索赔争议的难度, 项目各方需要借助各种延误分析方法 (Delay Analysis Method, DAM) 论证或推翻索赔。本文主要讨论的是工程延误分析方法的相关研究。

1 基本延误分析方法

很多研究者都对现有的延误分析方法进行了介绍。按照是否使用基于网络进度计划的关键路径方法 (Critical Path Method, CPM), 延误分析方法可以分为非关键路径类 (Non-CPM) 和关键路径类 (CPM) 两类。

1.1 非关键路径类 (Non-CPM) 方法

(1) S曲线法 (S-curve Method)。也称

收稿日期: 2011-09-25.

基金项目: 国家自然科学基金 (71172149).

Dollar-to-time Relationship方法,以工期为横坐标,累计成本为纵坐标,分别画出计划工期与成本和实际工期与成本的S曲线,反映项目成本和工期之间的直接联系,进而通过计划与实际曲线之间的差异来反映项目的进度情况。

(2) 总体影响法 (Global Impact Technique)。将所有的项目延误事件反映在进度条形图上,把所有的延误时间加和作为总的工期延误。

(3) 净影响法 (Net Impact Technique)。将计划进度条形图与实际进度条形图的总工期进行比较,得到所有延误事件的净影响。

(4) 散点图法^[4] (Scatter Diagram Method)。承包商在横道图中把由于业主原因造成的延误标注出来。

1.2 关键路径类 (CPM) 方法

(1) 实际与计划工期对比法 (As-planned vs. As-built Method)。在CPM网络技术下,将基准进度计划与实际建造进度进行比较,以两者总工期的差异作为延误事件对项目竣工造成的影响。

(2) 计划影响分析法 (Impacted As-planned Method)。将项目过程中出现的延误事件添加到原基准进度计划中,可按时间顺序依次加入或者一次性加入,用于显示这些延误对项目竣工日期的影响。加入后得到的项目工期被视为项目在延误事件发生的条件下能够竣工的最早时间,每个延误事件对项目竣工日期的影响等于原基准进度计划加入延误事件前后的计划工期的差值。

(3) 影响事件剔除分析法 (But-for Method)。包括计划进度剔除分析法 (As-planned But-for Method) 和实际进度剔除分析法 (Collapsed As-built/As-built But-for Method)。计划进度剔除分析法是将应由项目某方承担责任的延误事件添加到初始进度计划中,得到的工期与实际工期之差则是由他方责任造成的对项目竣工的影响。实际进度剔除分析法先要建立一个包含所有延误事件的CPM实际进度,再将延误事件从这个实际进度中按照逆向时间顺序依次或者同时剔除,用于表示如果没有发生这些延误事件项目本该如何进展。

(4) 窗口分析法 (Window/Snapshot Analysis Method)。将实际进度的总工期划分成多个窗口阶段。进行延误分析时,首先将第一个窗口阶段的计划进度更新为相应的实际进度,其中包含了第一窗口阶段的所有延误事件,之后的计划进度保持不变。更新前后项目总工期的变化就是第一个窗口阶

段的延误事件对项目竣工的影响。其他的窗口阶段的延误分析也是在前一次计划进度更新的基础上,加入该阶段的实际进度,前后比较得出对项目竣工的影响。当然,如果项目的计划进度发生改动,应在对比工期之前更新计划进度。

(5) 时间影响分析法 (Time Impact Analysis)。按照时间先后顺序,依次分析某一类延误或者某一个延误事件对项目竣工的影响。与窗口分析法相同,每次都以前更新过的计划进度为基准来分析新加入的延误事件,加入前后的总工期差异,就是加入的该延误事件对项目竣工的影响。

(6) 独立延误类型法 (Isolated Delay Type Method)。以计划进度为基准,对合同各方的项目延误责任单独进行分析,其分析流程与窗口分析法和时间影响分析法类似。独立延误类型法可以视为窗口分析法、时间影响分析法和计划影响分析法的一个综合。

2 延误分析方法的比选

多种延误分析方法的共存,促使研究者致力于分析各种方法的优缺点,并进行对比分析,研究使用哪种方法进行延误分析最为合理。

2.1 方法比较

研究者常通过文献研究和理论分析,对比分析各延误分析方法的特点。

Zartab Q. Zafar^[5]认为在进行工程延误分析的时候应考虑项目的实际情况、项目文件的即时更新、项目进度与关键路径的动态变化,以下几种方法都是不正确的:计划影响分析法保持项目关键路径不变,没有考虑项目实际情况;需要事后修正进度计划的方法,得到的进度计划可能与项目执行的实际情况不符;S曲线法假定项目进度和成本之间的关系是线性的。Robert^[6]认为在使用计划影响分析法时,承包商只考虑业主造成的延误而未考虑承包商造成的延误,而且没有考虑进度计划的动态变化和项目的实际执行情况;总体延误分析假定所有延误由一方承担;影响事件剔除分析法没有考虑构建的实际进度的可靠性和进度计划的动态变化。

Youngiae Kim^[7]等人将现有的延误分析方法分为假设 (What-if)、剔除 (But-for) 和实时分析 (Contemporaneous period analysis, CPA) 三类。What-if 类方法的缺点是不能反映进度计划的变化和项目进展的实际情况;But-for 方法则不能考虑进度计划的变化和项目原进度计划;CPA 方法同时考

虑了基准进度计划和实际进度计划以及进度计划的变化,但三类方法都不能对同期延误的责任进行有效区分。Tony Farrow^[8]将延误分析方法分为基于权利(Entitlement-based)和基于事实(Actual-based)两类。基于权利的方法分析事件可能带来的后果,但不一定是实际的情况,这更像是以理论为基础进行分析,包括总体影响法、净影响法、计划影响分析法、影响事件剔除分析法等;基于事实的方法则是寻求证明项目实际发生了什么,分析的是带来实际中延误的事件,包括计划与实际进度对比法、窗口分析法等。

在理论分析的基础之上,一些学者采取调查问卷的方式,分析比较各种延误分析方法的知晓度、认可度和使用情况。Kumaraswamy^[9]等人调查香港地区常用的延误分析方法和人们的使用偏好,发现承包商在论证索赔的时候,常使用总体影响法和净影响法,工程师经常使用净影响法和计划与实际工期对比法。Kumaraswamy进一步分析了方法的特点,认为资源有限、记录不够完善的中型项目不适合使用复杂的方法,可使用简单的净影响法对工期收到的影响做初步估计;时间影响分析法和窗口分析法适合需要对同期延误进行区分的情况。Nuhu^[10]等人基于一项对英国建筑行业合约单位的问卷研究,得出知晓度最高的方法是计划与实际对比法、总体影响法和净影响法,其使用广泛程度与知晓度基本一致;虽然这三种方法容易引起质疑,其索赔成功率却很高的,造成这种情况的原因,可能是精确方法的使用率较低。Nuhu^[11]等人的另一项类似的针对英国建筑行业咨询单位的问卷研究结果表明,尽管实际与计划工期对比法、影响事件剔除分析法和计划影响分析法有着明显的缺陷,这三者是知晓度和使用度最高的方法;与之相反,时间影响分析法和窗口分析法虽被认为最可靠,应用却并不广泛。结合前人研究和58个1992~2005年的涉及工期索赔的政府项目案例,David^[12]等人研究对比了几种方法的认可度和使用度,得出计划影响分析法的认可度很低,其他几种方法的认可度基本类似,其中时间影响分析法的认可度是最高的;而相对来说,影响事件剔除分析法虽然在过去研究中被认为是一种有效的分析方法,调查结果却显示认可度和使用度并不是特别高。

结合学者们对于各种方法的分析与调查研究的结果,总的来说,非关键路径类方法比较简单,项目情况比较复杂时,难以满足分析要求;对于关

键路径类方法,实际与计划工期对比法、计划影响分析法不能对同期延误事件责任进行区分,实际与计划工期对比法、计划影响分析法和影响事件剔除分析法不能考虑关键路径和进度计划的动态变化;较为复杂的几种方法(如窗口分析法、时间影响分析法)的可靠性更高,但是使用这些方法需要花费更多的人力物力;较为简单的方法(总体影响法、净影响法、实际计划工期对比法)虽然有缺陷,但也有效率高、成本低、简单易懂等优点,而且由于简单方法对于使用环境的要求较低,其知晓度和使用广泛程度比复杂方法要高。

2.2 方法选择

前人的研究并没有得出一种最佳的延误分析方法,法律也没有强制规定使用某种方法,每种方法都各有利弊,能够解决的问题不同,对分析人员的水平和项目记录与资料的完善程度要求不同。不同工程项目有着不同的特点,如复杂程度、资金时间限制等,适用于不同的方法。如何对方法进行选择,成为学者们需要解决的一个问题。

(1)对影响方法选择的因素进行识别。David^[13]等人综合过去的研究,对主要的延误分析方法的优缺点进行总结,列表格对比各方法的适用范围,调查了延误分析方法的选择因素,包括使用的进度类型、进度更新情况、原进度和重建进度的使用情况、专业水平、信息、时间和资金等,并分析每种选择因素对于方法选择的影响。调查发现,需要对网络计划和进度进行及时更新的延误分析方法的使用度更高;而使用现有进度计划还是重建进度计划对方法的选择没有明显的影响;人员专业水平高的项目更倾向于选择复杂方法;工期长、金额大的项目,可用的资金、项目文件更多,能够支持花费更大的复杂分析方法,而小型短期项目则倾向使用简单的分析方法。Nuhu^[2]等人首先通过文献综述的方法,识别出影响延误分析方法选择的18个因素,然后通过英国建筑行业的承包单位和咨询单位进行问卷调查,得出18个因素的重要程度,并通过试验因子分析(Pilot Factor Analysis)的方法,将18种影响因素缩减为六组影响因素,即项目特点、合同要求、基准进度计划特点、成本比例分配、进行分析的时间、记录有效性,最后分析了每个因素对延误分析方法选择的影响。

(2)运用选择因素,选出最合理的延误分析方法。Ishwar Adhikari^[14]等人运用层次分析法,由选择因素构成标准层,建立了计划与实际对比法、

计划影响分析法、影响事件剔除分析法、时间影响分析法和总体影响法五种方法的选择模型。

通过分析选择因素或利用选择模型,可以帮助分析者选择合适的延误分析方法。总体看来,总体影响法、计划与实际工期对比法、计划影响分析法、影响事件剔除分析法等方法适用于比较简单的小型项目,对于信息、时间、人力、物力的要求比较低,成本比较低;窗口分析法和时间影响分析法适合于复杂多变的大型项目,对于分析条件的要求比较高,成本比较高;计划影响分析法适用于事前预期性分析,其他几类更加适用于事后回顾性分析;计划影响分析法、影响事件剔除分析法和时间影响分析法可单独或者分类对延误事件进行分析,而其他几种方法则不适用于需要区分不同类型延误或同期延误的情况。

3 延误分析方法的改进

随着工程项目中延误情况的复杂程度的增加,基本的延误分析方法有时已经不能满足工期索赔分析的要求,学者们从同期延误、资源配置与限制、时差所有权和生产效率等 4 个方面提出了对基本延误分析方法的改进。

3.1 同期延误 (Concurrent Delays)

发生同期延误时,对滞期赔偿费和工期延长的估算非常困难,很容易引起争议。同期延误是指两个或多个单独发生时均会对项目工期造成影响的延误事件同时发生的情形^[15]。

在分析同期延误的时候,会遇到以下 2 个问题。

(1) 现有的延误分析方法,有的只能得出每个延误事件的影响而忽略同期延误,有的只能考虑同期延误的整体影响,而不能对同期延误的责任进行分配。对于这一问题,Anania^[16]等人提出的一种改进思路是,在维恩图上用集合来表示每个延误事件的影响,以其交集作为事件的共同影响。首先使用基本延误分析方法,计算出每种延误事件组合方式对于工期延误的影响,然后再计算出这些事件的所有组合方式对于工程竣工的影响,将这些数值体现在维恩图上,最后通过简单的集合运算,得出每个延误事件对工期的单独影响和与其他延误事件的共同影响。以维恩图的方式表示同期延误中各事件的关系,直观易懂,责任分配比较公平;但是当同期延误事件过多时,事件的组合方式多,分别计算每种组合方式对工程竣工的影响,计算量会比较大。王卓甫^[17]等人剔除解决 n 人合作博弈问题的

Shapley 值法,是解决同期延误的责任分配问题的又一种思路。

(2) 分析同期延误时往往遇到的情况是,几个延误事件只是部分阶段重合,其开始结束时间并不一致。为了解决这些问题,需要对原有方法进行改善。对于这一问题,Youngiae^[7]提出了延误区段 (Delay section, DS) 的概念,将存在延误的阶段划分为有单一延误的区段和有多个延误的区段,用于分析存在同期延误的情况,然后用基本方法分别计算得出结果。

3.2 资源配置与限制 (Resources Allocation and Restriction)

从资源分配角度来说,延误事件会造成其后续工序的资源需求数量的变化,当资源需求增加超过某种资源的配置限额时,将进一步延误使用这种资源的工序;相反,当资源需求减少时,某些相关工序也可以提前开始进行。因此延误事件引起的资源需求变化能相应地加重或者减轻延误事件的后果。传统的延误分析方法没有考虑资源限制因素,但是实际上资源限制同样对项目的竣工有重要影响,忽略资源限制进行工期索赔分析,得出的结果往往会与项目实际情况有一定的偏差。

很早就有研究者提出项目进度计划应考虑资源配置与限制,但很多人最初并没有考虑结合资源限制进行事后的工期索赔分析。之后不断有研究者发现了资源配置与限制对工期索赔分析结果的影响^[18, 19],资源配置对延误分析结果的影响引起了学者们的重视。Tarek^[20]等人认为传统的窗口分析法没有考虑基准进度计划的多次更新对延误责任的影响,也没有考虑资源配置对延误的影响,从资源配置和多重基准进度计划两个角度对一个电脑化的延误分析模型 (EasyPlan) 进行了改进,每天检查项目进度变化和资源配置是否合理,对原进度做出相应调整,使之能够生成更加精确而又可重复的结果。Kyunghwan Kim^[21]等人提出资源限制进度计划 (Resource-Constrained Scheduling, RCS),考虑资源配置的动态变化对项目进度计划和竣工日期的影响,改进现有基本延误分析方法。然而,使用资源限制进度计划有一个缺点,在调整进度计划的时候,某个工序不能在其原定最早开始时间之前开始,未能体现某个工序对缩短总工期的作用,若人为进行调整,则会产生比较突兀的工序顺序变化。为了解决这一问题,Kyunghwan 进一步提出了“资源限制关键路径方法”,建立起各工序之间因为资

源限制而形成的逻辑关系,这样既避免了计算时实际不可用的时差的产生,又不会有大幅度的工序顺序变化,而且能够反映某个工序对减少总工期的作用。

3.3 时差所有权 (Float Ownership)

在项目实施过程中,时差可用于协调项目承包方的时间和资源,也可用于缓和业主变更对项目进度的影响,因此,时差所有权的归属对于延误责任的确定有重要的影响。而且,由于时差的存在,一些延误事件并没有造成项目工期的延长,但是时差的消耗仍然间接影响项目顺利竣工,所以进行工期索赔分析时,除了确定延误事件对于项目竣工时间的延长,时差的归属和使用也是应该考虑的重要问题。研究者们给出了多种时差分配方式,主要分为如下3类:

(1) 将时差分配各项目某方。有以下几种观点:一是时差由承包商专属,业主要耗用时差,需要向承包商购买(商品法)^[22];二是由首先使用时差的人获得时差的所有权(先到先得法)^[23];三是把时差所有权留给随着项目成本的波动而受到损益的一方(合同风险法)^[24]。

(2) 将时差分配到各个工序。主要有以下2种做法:一是根据路径上单个工序持续时间的长短对可用的时差按比例进行分配(路径分析法)^[25,26];二是主观性地将时差分配到各个工序^[27]。

(3) 时差不属于任何一方,而是属于整个项目。通过一种积极的总时差管理方式,将时差分配到最需要的地方,并努力弥补时差的使用,避免负时差的出现^[28]。

除了时差所有权的分配,还应注意时差的管理。由于项目进展过程中关键路径和时差都有可能发生改变,只有以天为单位对延误责任和时差使用责任进行分析,才能得出较为准确的结果。

3.4 生产效率 (Production Rate)

生产效率损失是造成项目工期延误的一个重要原因,但是传统的延误分析方法并没有考虑到生产效率的损失对项目竣工的影响。大部分关于考虑生产效率的索赔研究都是努力将生产效率的损失转化到费用索赔,而现在已有研究者们尝试将生产效率损失转化为工期索赔。Hyun-Soo Lee^[29]等人提出了一种将生产效率转化为延误工期的计算方法。以往很多的工期索赔分析都是基于一个假设而进行的,即时间和产量是呈线性关系的,相应的,工序在其持续时间内每天的工作量完成比例是相同

的。实际情况却并非如此,比如工人进行一项操作的次数越多,往往就越熟练,花的时间就越少,生产效率就越高,这是一种学习曲线的效应^[30]。Dr. Jae-Seob (2006)^[31]针对这个问题提出了对延误分析方法的修正,根据学习效率将生产效率划分为三个阶段(Earning、Production和Closing),结合上述改进使用基本方法进行工期索赔分析并对同期延误责任进行分配。

4 结语

随着有关国际工程延误分析方法的理论研究的提高与改善,还有计算机技术发展的推动,现在的延误分析方法正向着精细化、复杂化和综合化的方向发展,但是由于受项目条件的约束,一些更复杂更精确的方法有时候反倒不如简单方法更常用、认可度更高。而且不存在一种唯一确定的方法,能够适用于各种情况,而是不同的方法往往适用于不同的项目。因此,一些学者们致力于对现有方法进行比较和选择,分析每种方法适用的情况,调查影响延误分析方法选择的影响因子,用于指导实践中方法的选择。

与此同时,也有学者分析现有方法的缺陷,对其进行改进,使得改进后的新方法能够更好的解决同期延误责任分配、资源配置与限制、时差所有权归属和生产效率损失等对延误分析的影响,使得延误分析能够得到更加可靠和公平的结论。

参考文献:

- [1] FORMSPEC 89.0710. Section 00780, Glossary[Z]. Project Management Associates, Inc., 1990-1991.
- [2] Nuhu Braimah, Issaka Ndekugri. Factors influencing the selection of delay analysis methodologies[J]. International Journal of Project Management, 2008 (26): 789-799.
- [3] 刘海龙,周悦宁,郑磊. 区分关键路径与非关键路径的项目进度偏差分析模型[J]. 工程管理学报, 2009, 23(6): 502-504.
- [4] Roger Gibson. Construction delays—extensions of time and prolongation claims[M]. Richmond, Texas, United States. Taylor & Francis, 2008.
- [5] Zafar QZ. Construction project delay analysis[J]. Cost Engineering AACE, 1996, 38(3): 23-27.
- [6] McCullough RB. CPM schedules in construction claims from the contractor's perspective[J]. Trans AACE Int, 1999: CDR. 2.1-CDR. 2.4.
- [7] Youngjae Kim, Kyungrai Kim, and Dongwoo Shin. Delay analysis method using delay section[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(11): 1155-1164.

- [8] Tony Farrow. Developments in the analysis of extensions of time[J]. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2007, 133 (3): 218-228.
- [9] M. M. Kumaraswamy, K. Yogeswaranb. Substantiation and assessment of claims for extensions of time[J]. *International Journal of Project Management*, 2003, 21: 27-38.
- [10] Issaka Ndekugri, Nuhu Braimah, Rod Gameson. Delay analysis within construction contracting organizations [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2008, 134 (9): 692-700.
- [11] Nuhu Braimah, Issaka Ndekugri. Consultants' Perceptions on Construction Delay Analysis Methodologies[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2009, 135 (12): 1279-1288.
- [12] David Arditi, Thanat Pattanakitchamroon. Analysis methods in time-based claims[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2008, 134(4): 242-252.
- [13] David Arditi, Thanat Pattanakitchamroon. Selecting a delay analysis method in resolving construction claims[J]. *International Journal of Project Management*, 2006, 24 (2): 145-155.
- [14] Ishwar Adhikari, Soo-Yong Kim, Young-Dai Lee. Selection of Appropriate Schedule Delay Analysis Method : Analytical Hierarchy Process (AHP) [Z]. Istanbul, Turkey: PICMET 2006 Proceedings, 2006.
- [15] Rubin Ra, Guy SD. , Maevis AC et al. Delay analysis construction claims analysis, presentation, defense[M]. New York (NY): Van Nostrand Reinhold, 1983.
- [16] Anania Mbabaz, Tarek Hegazy, Frank Saccomanno. Modified but-for method for delay analysis[J]. *Journal of construction engineering and management*, 2005, 131 (10): 1142-1144.
- [17] 王卓甫, 洪伟民. 基于Shapley值的工期延误分析[J]. *公路*, 2007 (5): 121-124.
- [18] William Ibbs, Long D. Nguyen. Schedule analysis under the effect of resource allocation[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2007, 133 (2): 131-138.
- [19] Michael W. Leary PE, Craig D. Hutchison. How Claims Happen When Schedules Become Political – An Actual Court Case Study[J]. *Trans AACE Int. , 2007: CDR. 12.1-CDR. 12.5.*
- [20] Tarek M. Hegazy , Wail Menesi. Delay analysis considering dynamic resource allocation and multiple baselines[J]. *Trans AACE Int. , 2008: CDR. 14.1-CDR. 14.8.*
- [21] Kyunghwan Kim. Delay analysis in resource-constrained schedules[J]. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2009, 36 (2): 295-303.
- [22] de la Garza JM, Vorster MC, Parvin CM. Total float traded as commodity[J]. *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 1991, 117 (4): 716-727.
- [23] Society of Construction Law(SCL). Delay and disruption protocol[EB/OL]. <http://www.eotprotocol.com> (2005-08-22).
- [24] Householder JL, Rutland HE. Who owns float?[J]. *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 1990, 116 (1): 130-133.
- [25] Ponce de Leon G. Float Ownership-some recommendations[J]. *Stratagem*, 1982, 1 (1).
- [26] 刘英杰, 孟凡玲, 冯 平. 基于总时差分配的工期索赔研究[J]. *水电能源科学*, 2010, 28 (2): 122-124.
- [27] Pasiphol, S. , and Popescu, C. M. Total float management in CPM project scheduling[Z]. Morgantown, W. Va: AACE International Transactions, 1995.
- [28] Khalid S. Al-Gahtani, Satish B. Mohan. Total float management for delay analysis[J]. *Trans AACE Int. , 2005: CDR. 16.1-CDR. 16.13.*
- [29] Hyun-Soo Lee, Han-Guk Ryu, Jung-Ho Yu, Jae-Jun Kim. Method for calculating schedule delay considering lost productivity[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2005, 131 (11): 1147-1154.
- [30] 徐 雷, 李慧民. 自然熟练曲线法在工期索赔计算中的应用[J]. *西安建筑科技大学学报*, 2002, 34 (4): 403-406.
- [31] Jae-Seob Lee , James E. Diekmann. Delay analysis considering production rate[J]. *Can. J. Civ. Eng.* 2011 (38): 361-372.

作者简介:

王竹琳 (1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 国际工程项目管理;

张水波 (1968-), 男, 教授, 研究方向: 国际工程合同管理, 国际工程项目管理, 国际PPP/BOT合约治理。

作者: [王竹琳, 张水波, WANG Zhu-lin, ZHANG Shui-bo](#)
作者单位: [天津大学管理与经济学部, 天津, 300072](#)
刊名: [工程管理学报](#)
英文刊名: [Journal of Engineering Management](#)
年, 卷(期): 2011, 25(6)

参考文献(31条)

1. FORMSPEC 89.0710. Section 00780, Glossary 1991
2. Nuhu Braimah; Issaka Ndekugri [Factors influencing the selection of delay analysis methodologies](#)[外文期刊] 2008(26)
3. 刘海龙; 周悦宁; 郑磊 [区分关键路径与非关键路径的项目进度偏差分析模型](#)[期刊论文]-[工程管理学报](#) 2009(06)
4. Roger Gibson [Construction delays—extensions of time and prolongation claims](#) 2008
5. Zafar QZ [Construction project delay analysis](#) 1996(03)
6. McCullough RB [CPM schedules in construction claims from the contractor's perspective](#) 1999
7. Youngjae Kim; Kyungrai Kim; Dongwoo Shin [Delay analysis method using delay section](#)[外文期刊] 2005(11)
8. Tony Farrow [Developments in the analysis of extensions of time](#)[外文期刊] 2007(03)
9. M. M. Kumaraswamy; K. Yogeswaranb [Substantiation and assessment of claims for extensions of time](#) 2003
10. Issaka Ndekugri; Nuhu Braimah; Rod Gameson [Delay analysis within construction contracting organizations](#)[外文期刊] 2008(09)
11. Nuhu Braimah; Issaka Ndekugri [Consultants' Perceptions on Construction Delay Analysis Methodologies](#) 2009(12)
12. David Ardit; Thanat Pattanakitchamroon [Analysis methods in time-based claims](#)[外文期刊] 2008(04)
13. David Ardit; Thanat Pattanakitchamroon [Selecting a delay analysis method in resolving construction claims](#)[外文期刊] 2006(02)
14. Ishwar Adhikaril; Soo-Yong Kim; Young-Dai Lee [Selection of Appropriate Schedule Delay Analysis Method: Analytical Hierarchy Process \(AHP\)](#) 2006
15. Rubin Ra; Guy SD; Maevis AC [Delay analysis construction claims analysis, presentation, defense](#) 1983
16. Anania Mbabaz; Tarek Hegazy; Frank Saccomanno [Modified but-for method for delay analysis](#)[外文期刊] 2005(10)
17. 王卓甫; 洪伟民 [基于Shapley值的工期延误分析](#)[期刊论文]-[公路](#) 2007(05)
18. William Ibbs; Long D Nguyen [Schedule analysis under the effect of resource allocation](#)[外文期刊] 2007(02)
19. Michael W; Leary PE; Craig D. Hutchison [How Claims Happen When Schedules Become Political An Actual Court Case Study](#) 2007
20. Tarek M. Hegazy; Wail Menesi [Delay analysis considering dynamic resource allocation and multiple baselines](#) 2008
21. Kyunghwan Kim [Delay analysis in resource-constrained schedules](#)[外文期刊] 2009(02)
22. de la Garza JM; Vorster MC; Parvin CM [Total float traded as commodity](#) 1991(04)
23. Society of Construction Law(SCL) [Delay and disruption protocol](#) 2005
24. Householder JL; Rutland HE [Who owns float](#)[外文期刊] 1990(01)
25. Ponce de Leon G [Float Ownership—some recommendations](#) 1982(01)
26. 刘英杰; 孟凡玲; 冯平 [基于总时差分配的工期索赔研究](#)[期刊论文]-[水电能源科学](#) 2010(02)
27. Pasiphol, S; Popescu, C. M [Total float management in CPM project scheduling](#) 1995
28. Khalid S. Al-Gahtani; Satish B. Mohan [Total float management for delay analysis](#) 2005
29. Hyun-Soo Lee; Han-Guk Ryu; Jung-Ho Yu; Jae-Jun Kim [Method for calculating schedule delay considering lost productivity](#)[外文期刊] 2005(11)
30. 徐雷; 李慧民 [自然熟练曲线法在工期索赔计算中的应用](#) 2002(04)
31. Jae-Seob Lee; James E. Diekmann [Delay analysis considering production rate](#) 2011(38)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jzglxdh201106002.aspx