

# 基于工作进度的水利工程项目群进度延误经济惩罚模型

王龙宝<sup>1</sup>,赵文静<sup>2</sup>,张鑫<sup>3</sup>

(1. 河海大学计算机与信息学院,江苏 南京 211100; 2. 河海大学商学院,江苏 南京 211100;  
3. 江苏贝克特项目管理咨询有限公司,江苏 南京 211100)

**摘要:**水利工程各项工作进度的实时控制是水利工程项目群进度管理的主要任务,而如何借助经济奖惩措施有效地控制项目群中各项工作进度是水利工程项目群进度管理的关键。根据水利工程各项工作进度延误对项目群的影响范围和影响程度,构建了水利工程项目群的子网络。重点研究了水利工程各项工作对本合同项目、项目群各子网络和项目群等工期的影响机理,构建了相应的经济惩罚函数,据此确定了水利工程各项工作和各个合同项目的经济惩罚金额。结合案例分析,阐述了经济惩罚模型的应用机理和方法。基于工作的水利工程项目群进度延误经济惩罚模型能够为科学、合理地确定合同项目各项工作以及各个合同项目的经济惩罚金额提供依据,同时为业主确定水利工程项目群中进度控制的关键合同项目、关键工作等奠定基础。

**关键词:**水利工程;项目管理;项目群;子网络;进度管理;经济惩罚;模型

**中图分类号:**F407.9      **文献标识码:**A      **文章编号:**1003-9511(2019)06-0027-07

## 1 文献综述

诸如南水北调、三峡等水利工程处于多项目管理状态。由于水利工程项目群进度管理具有不确定性、影响因素多、完工率要求高等特点,加之项目群中不同合同项目由不同的利益主体负责实施,使得现有水利工程单项目进度管理理论已经难以满足水利工程项目群进度管理的需要。为此,需要引入子网络视角下工作进度延误经济惩罚模型,以有效可知水利工程项目群中每一项工作的进度。研究的目的包括:①确定每项工作进度延误经济惩罚金额;②确定每个合同项目的经济惩罚金额;③确定项目群进度的重点控制对象。

从理论研究角度分析,汪应洛等<sup>[1-7]</sup>对多合同激励优化与最优工期的确定、通过建立多合同的主从递阶决策模型、各合同激励的优化、工程最优工期的选择、使业主和承包方的博弈达到均衡状态等相关问题进行了研究;He<sup>[8]</sup>对具有奖惩结构的项目支付进度问题进行了研究,并构建了基于时间和基于费用的支付奖惩模型;郑王云<sup>[9]</sup>从质量、安全、进度等角度对工程项目激励机制进行了研究。由此可

见,现有理论研究主要集中在单项目的进度激励机制方面,而对于项目群视角下项目合同工期延误惩罚方面鲜有研究。丰景春等<sup>[10-12]</sup>对项目群的内涵、构建开展了研究。Feng 等<sup>[13]</sup>研究了项目群中一个承包商承担一个项目的情况,并建立了项目群视角下南水北调东线工程标段项目合同工期延误线性惩罚模型。从实践角度分析,FIDIC 合同条件对合同工期延误惩罚作出了规定<sup>[14]</sup>,按此规定,合同工期延误惩罚采用一个固定的惩罚比例,即合同的惩罚金额等于惩罚比例乘以该合同的金额。文献[13]研究并给出了项目群视角下每一个标段项目的惩罚金额,其处罚金额充分考虑了每一个标段项目对紧后标段项目、后续标段项目、关键节点和项目群工期等产生的影响程度。文献[15-18]对项目群相关问题展开了研究。

现有研究成果主要是针对单项目环境下工期延误惩罚方面的相关研究,同时,只考虑工作延误对本项目工期的影响。在针对项目群工期延误惩罚的相关研究中,也只是对项目群中各项目之间工期延误惩罚展开了相关研究,没有对水利工程各项工作进度延误的惩罚展开相关研究,即没有对项目群中各

**基金项目:**国家社会科学基金(17BGL156);住房和城乡建设部 2018 年科学技术项目(2018-K8-023);中央高校基本科研业务费专项(2018B53014)

**作者简介:**王龙宝(1977—),男,博士,主要从事工程管理与项目管理信息化研究。E-mail: wlb620@163.com

工作进度延误给项目群带来的影响展开研究。为此,笔者在构建项目群子网络的基础上,通过研究各工作进度延误对自身项目、紧后子网络、后续子网络以及项目群进度目标的影响,构建子网络视角下水利工程各项工作进度延误经济惩罚模型,并通过案例分析,说明本研究成果的优势<sup>[19]</sup>。

## 2 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误经济惩罚模型的构建

### 2.1 基本假设

①水利工程项目群中的不同合同项目由不同的利益主体负责实施;②水利工程项目群网络为肯定型网络;③造成工作的延误均因非承包人原因导致的;④延误经济损失按照合同项目(或工作)合同金额的0.5%/天计算。

### 2.2 项目群管理特点

a. 项目群管理涉及两个或两个以上的利益主体,因此,项目群管理不但要管理每一个合同项目以及其中的每项工作,更为重要的是需要考虑不同合同项目(即不同利益主体)之间的关系,即需要考虑某合同项目或某项工作的进度延误对其他合同项目、子网络、关键节点的影响。

b. 与单项目管理相比,业主在项目群管理中需要承担更多的责任、义务和风险。就进度目标控制而言,在单项目管理中,业主只需重点关注单项目的进度即可,而在项目群管理中,业主不但要关注每个合同项目的进度,更需要关注合同项目及其工作进度延误给其他合同项目所带来的影响,可见,业主需要承担更多的责任和义务。同时,一旦某合同项目及其工作进度延误给后续合同项目、子网络、关键节点的进度带来影响时,业主需要承担该风险。

### 2.3 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误惩罚原理分析

为了全面控制水利工程项目群的进度,需要控制各项工作的进度目标、每一个子网络的进度目标、项目群的进度目标。其中,项目群的进度目标取决于每一个子网络的进度目标,而每一个子网络的进度目标则取决于每一项工作的进度目标。水利工程项目群每一项工作的工期延误可能带来的影响包括3个方面:一是造成本工作所在合同项目的紧后合同项目最早开始时间的延误;二是造成子网络1, 2, ...,  $n-1$  工期的延误;三是造成项目群工期延误。经过分析可知,同一项工作的工期延误会带来不同的影响,为此,需要分析各项工作的工期延误所带来的影响范围和影响程度,并据此构建相应的惩罚模型。

## 2.4 水利工程项目群工作延误经济惩罚模型构建步骤

a. 根据水利工程项目群中各合同项目及其各项工作之间的逻辑关系(包括工艺关系和组织关系),绘制基于子网络的项目群双代号网络图;

b. 分别计算第1, 2, ...,  $k$ , ...,  $n(k < n)$  个子网络中每一项工作的最早开始时间、总时差和自由时差,并确定第1, 2, ...,  $k$ , ...,  $n$  个子网络的关键路径;

c. 分析子网络中任何一项工作发生工期延误对本合同项目工期、紧后合同项目最早开始时间、各子网络工期和项目群工期的影响程度;

d. 根据第c步分析得到的影响程度,建立经济惩罚函数,计算工作的经济惩罚金额;

e. 根据每一项工作的经济惩罚金额,计算某合同项目的经济惩罚总金额。

## 2.5 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误分析

### 2.5.1 第1个水利工程项目群子网络的工期延误分析

当第1个子网络的某项工作发生延误时,该工作的延误对第1个子网络(第1个合同项目)工期所带来的影响需要分以下两种情况加以分析,其中 $TF_i$ 为第一个子网络中工作 $i$ 的总时差。

a. 当 $0 \leq T_i \leq TF_i$ 时,第一个子网络中工作 $i$ 的延误仅影响自身的工期(影响量为 $T_i$ ),不会对子网络1(即第1个合同项目)的工期产生影响;

b. 当 $T_i > TF_i$ 时,第一个子网络中工作 $i$ 的延误除了对自身工期(影响量为 $T_i$ )外,还对第一个子网络(第1个合同项目)的工期产生影响(影响量为 $T_i - TF_i$ )。

### 2.5.2 第2, 3, ..., $k(k < n)$ , $n-1$ 个水利工程项目群子网络的工期延误分析

当第2, 3, ...,  $k(k < n)$ ,  $n-1$ 个子网络的某项工作发生延误时,该工作的延误可能对本子网络的工期、紧后合同项目某些工作的最早开始时间、紧后合同项目工期产生影响。此时,某项工作的延误要做两部分分析:一是子网络中各合同项目工期延误的分析,二是本工作所在合同项目的紧后合同项目相关工作最早开始时间延误的分析。

#### 2.5.2.1 水利工程项目群子网络中各合同项目工期延误的分析

a. 与本工作所在的合同项目工期相对应的总时差相比较。根据本工作所在的合同项目工期,计算得到本工作的自由时差和总时差。当 $T_i > TF_i$ 时,表明本工作延误会对本合同项目工期造成影响(影响量为 $T_i - TF_i$ )。

b. 与本工作所在合同项目的紧后合同项目工期相对应的总时差相比较。根据本工作所在合同项目的紧后合同项目的工期,计算得到本工作的自由时差和总时差。当  $T_i > TF_i$  时,表明本工作延误会对本合同项目的紧后合同项目的工期造成影响(影响量为  $T_i - TF_i$ )。

c. 与本工作所在合同项目和第  $n-1$  个合同项目之间的所有合同项目构成的网络相对应的总时差相比较。此时,计算得到本工作的自由时差和总时差。当  $T_i > TF_i$  时,表明本工作延误会对第  $n-1$  个合同项目的紧后合同项目的工期造成影响(影响量为  $T_i - TF_i$ )。

## 2.5.2.2 本工作所在合同项目的紧后合同项目相关工作最早开始时间延误的分析

某合同项目紧前合同项目中紧挨着该合同项目的工作超过其自由时差( $T_i > FF_i$ )时,该合同项目的这些工作的工期延误将对其紧后合同项目的某些工作的最早开始时间产生影响(影响量为  $T_i - FF_i$ )。

## 2.5.3 水利工程项目群第 $n$ 个子网络的工期延误分析

当第  $2, 3, \dots, k (k < n), n-1$  个子网络的某项工作发生延误时,该工作的延误可能对本子网络的工期、紧后合同项目某些工作的最早开始时间、紧后合同项目工期产生影响。此时,某项工作的延误要做三部分分析:一是子网络中各合同项目工期延误的分析;二是本工作所在合同项目的紧后合同项目相关工作最早开始时间延误的分析;三是本工作延误对整个项目群工期产生的影响。这里只分析本工作延误对整个项目群工期产生的影响。

当本工作的总时差超过项目群的总时差时( $T_i > TF_i$ )时,该工作将对项目群工期产生影响(影响量为  $T_i - TF_i$ )。

## 2.6 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误惩罚函数的构建

### 2.6.1 工作 $i$ 工期延误对紧后合同项目某些工作最早开始时间延误的惩罚函数

当工作  $i$  发生工期延误时,对本合同项目工期延误的惩罚函数如下:

$$f_1(T_i) = \begin{cases} 0 & T_i \leq \min(FF_i)_k \\ C_{i1} & T_i > \min(FF_i)_k \end{cases} \quad (1)$$

式中: $f_1(T_i)$ 为因工作  $i$  延误  $T_i$  时间导致紧后合同项目某些工作最早开始时间延误的惩罚函数; $C_{i1}$ 为因工作  $i$  延误导致紧后合同项目某些工作最早开始时间延误,由此业主向相关利益主体提出的索赔额; $\min(FF_i)_k$ 为工作  $i$  在子网络 1、子网络 2、 $\dots$ 、子网络  $n$  中所有自由时差中的最小值。

### 2.6.2 工作 $i$ 工期延误对子网络 $1, 2, \dots, n$ 工期延误的惩罚函数

a. 工作  $i$  工期延误对子网络 1 工期延误的经济惩罚函数。工作  $i$  发生工期延误时,对子网络 1 工期延误的惩罚函数如下:

$$f_{21}(T_i) = \begin{cases} 0 & T_i \leq (TF_i)_1 \\ C_{i21} & T_i > (TF_i)_1 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $f_{21}(T_i)$ 为因工作  $i$  延误  $T_i$  时间导致子网络 1 工期延误的惩罚函数; $C_{i21}$ 为因工作  $i$  延误导致子网络 1 工期延误,由此业主向相关利益主体提出的索赔额; $(TF_i)_1$ 为工作  $i$  在子网络 1 中的总时差。

b. 工作  $i$  工期延误对子网络 2 工期延误的经济惩罚函数。当工作  $i$  发生工期延误时,对子网络 2 工期延误的惩罚函数如下:

$$f_{22}(T_i) = \begin{cases} 0 & T_i \leq (TF_i)_2 \\ C_{i22} & T_i > (TF_i)_2 \end{cases} \quad (3)$$

式中: $f_{22}(T_i)$ 为因工作  $i$  延误  $T_i$  时间导致子网络 2 工期延误的惩罚函数; $C_{i22}$ 为因工作  $i$  延误导致子网络 2 工期延误,由此业主向相关利益主体提出的索赔额; $(TF_i)_2$ 为工作  $i$  在子网络 2 中的总时差。

c. 工作  $i$  进度延误对子网络  $n$  工期延误的经济惩罚函数。当工作  $i$  发生工期延误时,对子网络  $n$  工期延误的惩罚函数如下:

$$f_{2n}(T_i) = \begin{cases} 0 & T_i \leq (TF_i)_n \\ C_{i2n} & T_i > (TF_i)_n \end{cases} \quad (4)$$

式中: $f_{2n}(T_i)$ 为因工作  $i$  延误  $T_i$  时间导致子网络  $n$  工期延误的惩罚函数; $C_{i2n}$ 为因工作  $i$  延误导致子网络  $n$  工期延误,由此业主向相关利益主体提出的索赔额; $(TF_i)_n$ 为工作  $i$  在子网络  $n$  中的总时差。

## 2.7 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误经济惩罚金额

当工作  $i$  发生工期延误时,对项目群工期延误的经济惩罚金额( $F(T_i)$ )如下:

$$F(T_i) = f_1(T_i) + f_{21}(T_i) + f_{22}(T_i) + \dots + f_{2n}(T_i) \quad (5)$$

式中  $F(T_i)$  为工作  $i$  工期延误导致工期延误的经济惩罚总金额。

## 3 案例分析

### 3.1 案例背景

某水利工程 Q 项目群由 X、Y、Z 3 个合同项目组成,每一个合同项目的合同金额均为 2 170 万元,每一个合同项目分为 3 段实施,每一个合同项目包括基础工程、主体工程、设备安装等 3 项工作,基础工程、主体工程、设备安装分别由同一支队伍承担。



Q 项目群基本情况见表 1 和图 1。

对于 X 合同项目,第 I 段的基础工程计划工期 4 个月,实际工期 9 个月,延误了 5 个月;第 I 段的主体工程计划工期 3 个月,实际工期 6 个月,延误了 3 个月,第 III 段的基础工程计划工期 3 个月,实际工期 6 个月,延误了 3 个月,第 III 段的主体工程计划工期 2 个月,实际工期 6 个月,延误了 4 个月。其他工作均按计划完成。分析计算 X 项目的经济惩罚金额。

3.2 现行经济惩罚模型存在的问题

现行合同惩罚的做法:水利工程项目群工期延误经济惩罚金额为合同金额的 0.5%/d,最高经济惩罚金额为合同总额的 10%。经济惩罚金额的计算方法为:经济惩罚金额等于工作的实际延误天数乘以合同金额再乘以惩罚比例。按照现行惩罚规定,只要工作自身发生延误,而不论该工作的延误是否对本合同项目、其紧后合同项目或其他后续合同项目或项目群工期产生影响,均存在惩罚问题,并且

惩罚额度均相同。根据项目群管理理论,并结合实际情况,这种规定既不合理,也不符合实际情况。归纳起来,现行惩罚模型存在两个方面的问题:一是没有考虑各工作对本合同项目、紧后合同项目以及其他后续合同项目的影响程度;二是没有考虑各工作延误对项目群工期的影响程度。

3.3 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误的经济惩罚金额计算

a. 分析水利工程 Q 项目群中 X 合同项目的 III 基础工程、III 主体工程的延误给 X 合同项目紧后合同项目(即 Y 合同项目)最早开始时间延误的影响。根据 Q 项目群子网络 1(见图 2),计算得到 X 合同项目的 III 基础工程、III 主体工程的自由时差分别为 1、6 个月;根据 Q 项目群子网络 2(见图 3),计算得到 X 合同项目的 III 基础工程、III 主体工程的自由时差分别为 1、6 个月;根据 Q 项目群子网络 3(见图 1),计算得到 X 合同项目的 III 基础工程、III 主体

表 1 Q 项目群基本情况以及经济惩罚金额

| 工作名称     | 计划工期/月 | 实际工期/月 | 工作延误时间/月 | 工作的金额/万元 | 按现行方法计算得到的经济惩罚金额/万元 | 按照本模型计算得到的处罚金额/万元   |                     |                     |                     | 合计     |
|----------|--------|--------|----------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
|          |        |        |          |          |                     | 导致紧后工作最早开始时间延误的惩罚金额 | 导致子网络 1 工期延误的经济惩罚金额 | 导致子网络 2 工期延误的经济惩罚金额 | 导致子网络 3 工期延误的经济惩罚金额 |        |
| I 基础工程   | 4      | 9      | 5        | 100      | 260.4               | 0                   | 162.75              | 162.75              | 162.75              | 488.25 |
| I 主体工程   | 3      | 6      | 3        | 600      |                     | 0                   | 97.65               | 97.65               | 97.65               | 292.95 |
| I 设备安装   | 7      | 7      | 0        | 50       |                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0      |
| II 基础工程  | 6      | 6      | 0        | 150      |                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0      |
| II 主体工程  | 4      | 4      | 0        | 850      |                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0      |
| II 设备安装  | 8      | 8      | 0        | 80       |                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0      |
| III 基础工程 | 3      | 6      | 3        | 30       |                     | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 3      |
| III 主体工程 | 2      | 6      | 4        | 250      |                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0      |
| III 设备安装 | 4      | 4      | 0        | 60       |                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0      |
|          |        |        |          |          |                     |                     |                     |                     |                     |        |

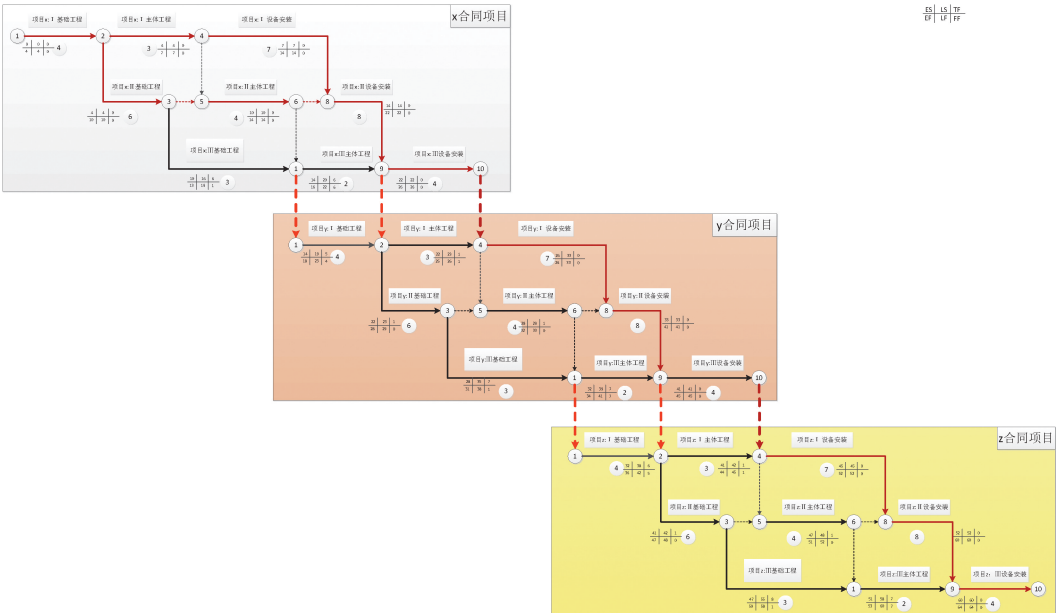


图 1 Q 项目群网络(同时也是子网络 3)

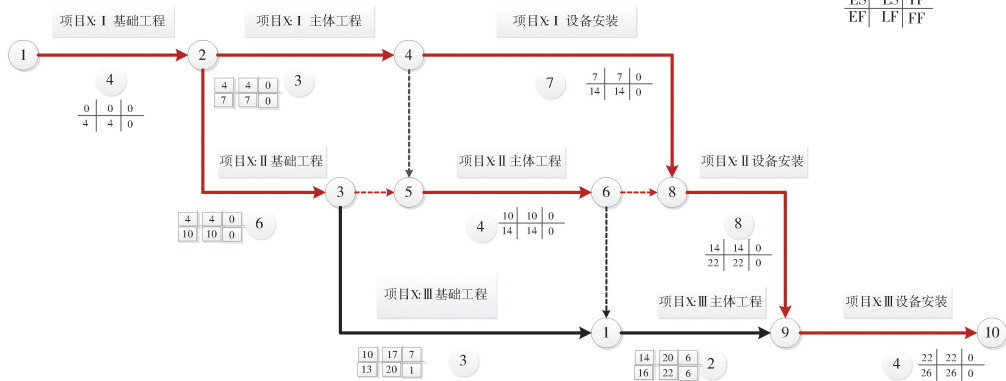


图2 Q项目群的子网络1

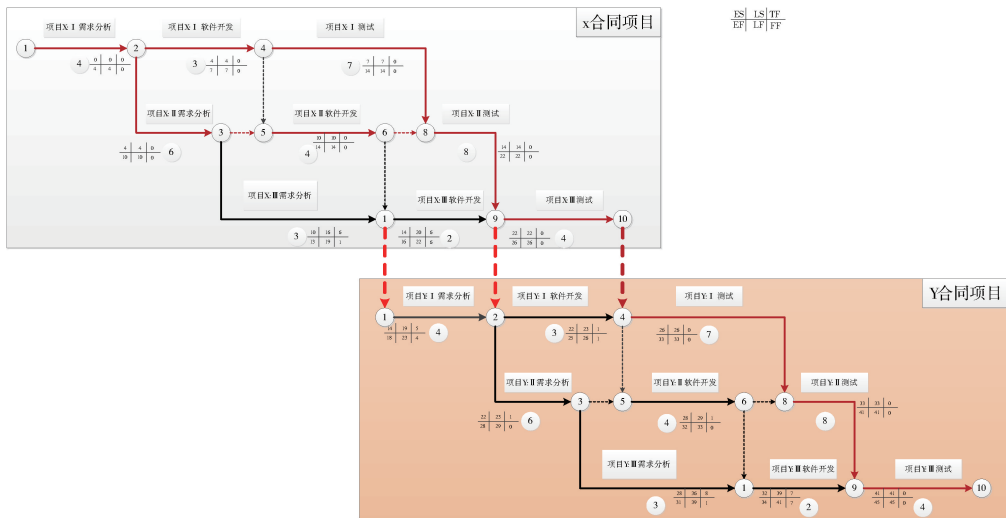


图3 Q项目群的子网络2

工程的自由时差分别为1、6个月。在分析Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程的工期延误对Y合同项目I基础工程、I主体工程的最早开始时间的影响时,需要取三者自由时差中的最小值,即X合同项目的Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程的自由时差分别为1、6个月。而X合同项目Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程的延误时间分别为3、4个月,可见X合同项目Ⅲ主体工程的延误不会影响其紧后工作(Y合同项目I主体工程)的最早开始时间,但是X合同项目Ⅲ基础工程的延误时间超过其自由时差2个月,从而影响Y合同项目I基础工程最早开始时间2个月,此时经济惩罚金额( $f_1$ )为: $100 \times 0.5\% / d \times 2 \times 30 = 3$ 万元,见表1。

**b. 分析水利工程Q项目群中X合同项目的I基础工程、I主体工程、Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程等四项工作的延误给子网络1工期延误的影响。**根据子网络1(见图2),计算得到X合同项目的I基础工程、I主体工程、Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程等四项工作的总时差分别为0、0、7、6个月,延误时间分别为5、3、3、4个月。Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程的延误时间小于其总时差,不会对子网络1的工期产生延

误,而I基础工程、I主体工程的延误时间已超过其总时差,分别为5、3个月,即子网络工期延误8个月,经济惩罚金额( $f_2$ )为 $2170 \times 0.5\% / d \times 8 \times 30 = 260.4$ 万元,其中I基础工程、I主体工程的延误造成的损失分别为162.75、97.65万元,见表1。

**c. 分析水利工程Q项目群中X合同项目的I基础工程、I主体工程、Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程等四项工作的延误给子网络2工期延误的影响。**根据子网络2(见图3),计算得到X合同项目的I基础工程、I主体工程、Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程等四项工作的总时差分别为0、0、6、6个月,延误时间分别为5、3、3、4个月。Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程的延误时间小于其总时差,不会对子网络1的工期产生延误,而I基础工程、I主体工程的延误时间已超过其总时差,分别为5、3个月,即子网络工期延误8个月,经济惩罚金额( $f_3$ )为 $2170 \times 0.5\% / d \times 8 \times 30 = 260.4$ 万元,其中I基础工程、I主体工程的延误造成的损失分别为162.75、97.65万元,见表1。

**d. 分析水利工程Q项目群中X合同项目的I基础工程、I主体工程、Ⅲ基础工程、Ⅲ主体工程等**

四项工作的延误给子网络3工期延误的影响。根据子网络3(见图1),计算得到X合同项目的I基础工程、I主体工程、III基础工程、III主体工程等四项工作的总时差分别为0、0、6、6个月,延误时间分为为5、3、3、4个月。其中,III基础工程、III主体工程的延误时间小于其总时差,不会对子网络3的工期产生延误,而I基础工程、I主体工程的延误时间已超过其总时差,分别为5、3个月,即子网络工期延误8个月,经济惩罚金额( $f_4$ )为 $2170 \times 0.5\% / d \times 8 \times 30 = 260.4$ 万元,其中I基础工程、I主体工程的延误造成的损失分别为162.75、97.65万元,见表1。

因水利工程Q项目群中X合同项目的I基础工程、I主体工程、III基础工程、III主体工程的延误给Q项目群的经济惩罚金额 $F = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 784.2$ 万元,见表1。

3.4 与现行方法的对比分析

3.4.1 经济惩罚金额的对比分析

a. 按照本文构建的工期延误经济惩罚模型,X合同项目的惩罚金额为784.2万元,按照现行方法计算得到的经济惩罚金额为 $2170 \times 0.5\% / d \times 8 \times 30 = 260.4$ 万元,按照本文模型计算得到的经济惩罚金额远大于按照现行方法计算得到的经济惩罚金额。造成两者差异的原因:本文惩罚模型不仅考虑了X合同项目中的I基础工程、I主体工程、III基础工程、III主体工程等四项工作的延误对子网络1(X合同项目)工期的影响,同时考虑了这四项工作对子网络2(由水利工程Q项目群的X、Y合同项目组成的网络)工期、子网络3(由水利工程Q项目群的X、Y、Z合同项目组成的网络)工期的影响。

b. 按照《水利水电工程标准施工招标文件》《FIDIC 土木工程施工合同条件》等经济惩罚金额现行计算方法,X合同项目中的I基础工程、I主体工程、III基础工程、III主体工程等工作的延误经济惩罚金额分别为 $100 \times 0.5\% / d \times 5 \times 30 = 7.50$ 万元、 $600 \times 0.5\% / d \times 3 \times 30 = 27$ 万元、 $30 \times 0.5\% / d \times 3 \times 30 = 1.35$ 万元、 $250 \times 0.5\% / d \times 4 \times 30 = 15$ 万元,而按照本文构建的惩罚模型计算得到的四项工作的经济惩罚金额分别为488.25万元、292.25万元、3万元、0万元。两者存在明显差异的原因是现行方法没有考虑工作延误给项目群所带来的影响范围和影响程度,可见,按照本文构建模型计算得到的经济惩罚金额更加科学、更加符合实际情况。

3.4.2 子网络视角下水利工程项目群工作进度延误惩罚模型的优点分析

a. 经济惩罚模型充分考虑了每一项工作对项目群中每一个子网络的影响范围和影响程度,即每

一项工作对项目群中每一个子网络的影响范围和影响程度决定了经济惩罚范围,而不仅仅是每一项工作对自身合同项目的影

b. 根据经济惩罚模型,每一项工作工期延误经济惩罚金额不仅取决于其合同金额,更主要取决于工作延误对项目群的影响范围和影响程度。X合同项目中的I基础工程、I主体工程、III基础工程、III主体工程等延误时间分为为5、3、3、4个月,而延误经济惩罚金额分别为488.25万元、292.25万元、3万元、0元,可见,四项工作的延误时间虽然相差不大,但是经济惩罚金额则相差非常悬殊,经济惩罚金额最大值为488.25万元,最小惩罚金额为0元。

4 结 论

a. 水利工程项目群工作进度延误经济惩罚模型能够充分体现惩罚分明原则,具有针对性强、简单易行等特点。每一项工作的延误不仅考虑对自身工期产生影响,也考虑了对合同项目、子网络、项目群工期的影响。为此,每一项工作进度延误的经济惩罚金额应该包括三部分:一是工作给自身合同项目工期延误所带来的损失,二是给相关子网络(包括子网络中的相关合同项目、相关工作的最早开始时间、子网络工期)的损失;三是工作给项目群工期带来的损失。而现行经济惩罚金额计算方法则没有考虑合同项目中每一项工作给项目群带来的影响。

b. 水利工程项目群工作进度延误惩罚模型更加科学。由于现行经济惩罚金额计算方法没有全面考虑工作进度延误所带来的影响范围和影响程度,因此,经济惩罚金额以延误时间和合同金额作为计算基础是不科学的,本文构建的工作进度延误惩罚模型全面考虑了每一项工作给本合同项目、相关子网络和项目群等工期所带来的影响,据此计算得到的经济惩罚金额更加准确。

c. 案例分析表明,按照水利工程项目群工作进度延误惩罚现行方法,X合同项目中I基础工程、I主体工程、III基础工程、III主体工程等四项工作进度延误金额(260.4万元)远小于按照本文模型计算得到的经济惩罚金额为(784.20万元)。其原因是:现行经济惩罚金额计算方法只考虑了合同约定的经济惩罚比例和该合同项目的合同金额,而没有考虑每一项工作对项目群所带来的影响范围和影响程度。案例计算结果表明,每一项工作的工期延误给自身合同项目、相关子网络和项目群所带来的影响范围越广、影响程度越大,则本文构建的模型越能体现其优越性,计算得到的经济惩罚金额更加符合实际情况。

由于工作进度延误所造成的费用及损失的量化



涉及多方面因素,甚至涉及多方博弈,因此,要想获得更为合理的结果,需要结合项目群实际进展,对工期延误导致的损失费用的量化问题做进一步的研究。同时,当项目群中的合同项目数量较多时,子网络数量也将快速增加,需要研究相关算法。

参考文献:

[ 1 ] 汪应洛,杨耀红. 多合同的激励优化与最优工期的确定[J]. 预测,2005(2):60-63.

[ 2 ] 王栋,梁忠民,常文娟,等. 基于模糊集对分析的引江济太调水效益综合评价[J]. 水资源保护,2017,33(1):35-40.

[ 3 ] 傅蜀燕,欧斌,林志祥,等. 相似单元堤段模糊聚类分析[J]. 水利经济,2018,36(3):6-9.

[ 4 ] 杨高升,孙誉颖,夏柠萍. 大型水利工程质量氛围的内涵及影响因素分析[J]. 水利经济,2018,36(4):50-54.

[ 5 ] 陈思宇,方国华,黄显峰. 模糊网络层次分析法在水利工程招标风险评价中的应用[J]. 水利经济,2018,36(2):15-19.

[ 6 ] 黄建文,毛宇辰,王东,等. 基于 BIM 的碾压混凝土坝施工进度-成本联合管控[J]. 水利水电科技进展,2019,39(5):66-72.

[ 7 ] 赵志勇,廖建军,张礼兵,等. 工程与信息融合的水电工程“三甲医院”探讨[J]. 水利水电科技进展,2018,38(5):76-80.

[ 8 ] HE Z W, XU Y, ZHU S Y. Study on project payment scheduling problems with bonus-penalty structure from two viewpoints[J]. Systems Engineering: theory & Practice, 2005(10):39-45.

[ 9 ] 郑王云. 基于委托代理理论的工程项目激励机制研究[D]. 天津:天津大学,2008.

(上接第 26 页)

进一步加强规划引领,更好地促进项目与资金的有效衔接。提高项目结余资金的使用效益,从单个项目增补完善向将多个项目结余资金整合归并使用转变。加强资金全流程监管,优化成本管理,严格资金规范性审查。扩大开放,加大信息公开共享范围与程度,进一步在水利建设和管理中引入民众参与和互动,通过民间参与,不断完善和调整政策措施,提高水利公共服务提供与终端实际需求间的一致程度,推动水利发展,获得公众更多的支持与认同。

参考文献:

[ 1 ] 鄂竟平. 工程补短板 行业强监管,奋力开创新时代水利事业新局面[N]. 中国水利报,2019-01-17(1).

[ 2 ] 陈杰. 奋力推动江苏水利高质量发展走在前列[N]. 中国水利报,2019-01-22(2).

[ 3 ] 王浩,马静. 水利与国民经济协调发展研究[J]. 中国水利,2006(8):75.

[ 4 ] 杨翠红. 水利基建投资的完全经济效益分析[J]. 水利经济,2005,23(3):24.

[ 10 ] 丰景春. 关于项目群全生命周期的研究[J]. 统计与决策,2010(9):38-40.

[ 11 ] 丰景春,张云华,薛松. 水利基础设施领域公私合作伙伴项目全生命周期研究[J]. 水利经济,2016,34(2):1-5.

[ 12 ] 朱强,樊启祥,金和平,等. 空间信息技术在水电工程全生命周期中的应用综述[J]. 水利水电科技进展,2010,30(6):84-89.

[ 13 ] FENG J C, REN Y F, DUAN Z N, et al. Penalty model for delay of bidding section construction period in South-to-North Water Diversion Eastern Route Project from perspective of programs[J]. Journal of Water Science and Engineering, 2012(3):350-360.

[ 14 ] FIDIC. Conditions of contract for construction for building and engineering works designed by the employer[M]. 北京:中国建筑出版社,2018.

[ 15 ] FENG J C, LI L, YANG N, et al. Research on the construction of project critical chain model in South-to-North Water Diversion Project with multi-resource constraints based on portfolio technology[J]. Journal of Water Science and Engineering, 2011(1):38-40.

[ 16 ] GEOFF R, MALCOLM A, JOHN C, et al. Gower handbook of programme management[M]. England:Gower Publishing Limited,2006.

[ 17 ] TYSON R B. Applying the design structure matrix to system decomposition and new directions[J]. IEEE Transactions on Engineering Management,2001,48:292-306.

[ 18 ] BUBSHAIT A. Incentive/disincentive contracts and its effects on industrial projects[J]. International Journal of Project Management,2003,21(1):63-70.

[ 19 ] 蔡时雨,林锡雄,费凯,等. 水利建设市场主体信息灰度评价模型研究[J]. 水利经济,2019,37(1):42-48.

(收稿日期:2019-06-12 编辑:陈玉国)

[ 5 ] 叶健,喻君杰,袁文秀,等. 江苏治淮 60 年水利经济效益分析[R]. 蚌埠:淮河研究会,2010:675.

[ 6 ] 程琨. 安徽省治淮 60 年水利经济效益分析[J]. 安徽农学通报,2015,21(10):166.

[ 7 ] 毛桂囡,方国华,耿建强,等. 江苏省 2005—2007 年水利投资效益分析[J]. 水利经济,2010,28(1):24.

[ 8 ] 康丹玉,葛久研. 江苏省水利投入对经济增长的拉动作用分析[J]. 水利经济,2010,28(4):33.

[ 9 ] 水利部规划计划司.《水利与国民经济协调发展研究》圆满完成[EB/OL]. (2005-05-31)[2006-04-30]. [http://ghjh.mwr.gov.cn/gzdt/wdeq/200505/t20050531\\_20716.html](http://ghjh.mwr.gov.cn/gzdt/wdeq/200505/t20050531_20716.html).

[ 10 ] 姜国兵,梁廷君. 中央与地方水利事权划分研究:基于广东省的调研[J]. 中国行政管理,2015(4):39.

[ 11 ] 关于进一步加大基础设施领域补短板力度的实施意见[R]. 南京:江苏省政府办公厅,2019-03-01.

[ 12 ] 赵一晗,陈长奇. 江苏省水利基建项目投资补助政策调整研究[J]. 水利经济,2017,35(1):24.

[ 13 ] 熊波,王修贵,关洪林,等. 水利事权划分的现状与完善思路:基于湖北省调研情况的分析[J]. 水利发展研究,2016(2):40-43.

(收稿日期:2019-02-17 编辑:胡新宇)