

# 投标阶段施工进度计划的编制

谭文华, 薛锋, 石桥

(中国水利水电第十工程局有限公司 勘测设计院, 四川 成都 610072)

摘要:介绍了利用P6软件对投标阶段的施工进度计划进行编制和优化的步骤。

关键词:水电站;投标;进度计划;P6;编制

中图分类号:TV51;TV7;TV723

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)05-0054-03

进度计划的编制是一个系统工程,在投标阶段,为了快速编制一个合理的进度计划,降低报价,提高投标人的竞争力,往往需要投入一群既有丰富施工经验,又能熟练操作进度计划编制软件的人才。笔者以华能新疆亚曼苏水电站厂区枢纽工程投标为例,阐述了如何利用P6软件快速对投标阶段的施工进度计划进行编制和优化的过程。

## 1 工程概况

该工程建筑物主要包括主厂房、副厂房、GIS开关站、尾水池、尾水渠、尾水渠交叉建筑物(渡槽及交通桥)及永久进厂公路等。主厂房总长度为88.62 m,宽22 m,水轮机安装高程为1 491.6 m,厂内安装3台单机容量为70 MW和1台34 MW水轮发电机组,总装机容量为244 MW。

## 2 进度计划编制

### 2.1 施工整体规划和方案的确定

投标阶段信息的主要来源为招标文件,因此,需仔细领会招标文件中的各部分信息,尤其是招标文件中有关工期方面的要求,比如招标文件中列举的控制节点:2015年11月1日开工;2016年5月31日防洪堤具备挡水条件;2016年7月31日厂房防渗墙施工完成;2016年8月31日厂房降水管井施工完成;2017年9月30日提交安装间桥机安装工作面;2018年5月31日1#、2#机组具备发电条件;2018年7月31日3#、4#机组具备发电条件;2018年10月31日完工。这些施工控制节点实质上就是经过论证的进度目标。抓住了这些目标,就等于抓住了整个项目的关键所在。因此,施工规划和方案也应紧紧围绕这些主导工程展开。比如防渗墙施工采用“三钻两抓法”施

工;降水管井造孔采用SD12W旋挖钻机造孔;因厂房开挖量大、时间短,经过计算,需要配备8台PC360挖掘机,40辆20 t自卸车;厂房混凝土水平运输采用10 m<sup>3</sup>罐车,垂直运输采用泵机和泵车等。

### 2.2 网络计划的编制

在以上施工方案已确定的前提下,即可以开始网络计划的编制。使用P6软件编制网络计划有以下步骤:

#### 2.2.1 分解项目,建立WBS

首先将工作任务进行分解,建立WBS(工作分解结构)。如该工程的分组工程量清单中有渣场防护工程、临时进场公路工程、地面厂房工程、尾水渠工程、尾水渠渡槽和桥梁工程、泄水槽工程、泄水槽桥梁工程等18个工程项目。直接选用这18个分组工程项目,再加上控制性工期和施工准备,可以构成该项目的一级WBS。但因其数量过多,略显繁琐,经简单归纳后形成如图1所示的一级WBS。

一级WBS建立后,因部分WBS下的工作内容过多,为了方便施工的组织与管理,更直观地反映工作结构,需对其进一步细化。如将桥梁、渡槽工程分解成泄水槽桥梁工程、尾水渠桥梁工程和尾水渠渡槽工程;将地面厂房工程分解成施工期水流控制、土石方工程、混凝土及砌体工程和建筑工程等。分解后的这些工程项目即为进度计划中的二级WBS(图1)。

同样,对包含作业任务较多的二级WBS也需要进行细化。如将地面厂房的混凝土及砌体工程分解成主机间、安装间混凝土、尾水闸墩及尾水池混凝土、副厂房及GIS开关站混凝土、柴油发电机

收稿日期:2016-08-15

室、仓库和其它;将尾水渠桥梁分解成1、2、3#农用桥工程和交通桥工程。分解后的这些工程项目构成了进度计划中的三级WBS(图2)。

WBS分类码	WBS名称
YMSIV	华能亚曼苏水电站厂房工程
YMSIV.A	控制性工期
YMSIV.B	施工准备
YMSIV.C	防护工程
YMSIV.C.01	厂区左侧防洪堤工程(3171.95m)
YMSIV.C.02	导洪堤及厂区右侧防洪堤工程
YMSIV.C.03	乡村防洪堤加固工程
YMSIV.C.04	渣场防护工程
YMSIV.D	地面厂房工程
YMSIV.D.01	施工期水淹控制
YMSIV.D.02	土石方工程
YMSIV.D.03	混凝土及砌体工程
YMSIV.D.04	建筑工程
YMSIV.E	尾水渠工程
YMSIV.F	泄水槽工程(1+320后段)
YMSIV.G	桥梁、渡槽工程
YMSIV.G.01	泄水槽桥梁工程
YMSIV.G.02	尾水渠桥梁工程
YMSIV.G.03	尾水渠渡槽工程
YMSIV.I	厂区交通及渣场防护工程
YMSIV.I.01	尾水渠永久进厂公路及9#公路工程
YMSIV.I.02	临时进场公路工程(10km)
YMSIV.J	消防供水及给排水系统工程
YMSIV.K	工程完工

图1 一、二级WBS框图

WBS分类码	WBS名称
YMSIV.D	地面厂房工程
YMSIV.D.01	施工期水淹控制
YMSIV.D.02	土石方工程
YMSIV.D.03	混凝土及砌体工程
YMSIV.D.03.1	主机间
YMSIV.D.03.2	安装间
YMSIV.D.03.3	尾水闸墩及尾水池砼
YMSIV.D.03.4	副厂房及GIS开关站砼
YMSIV.D.03.5	柴油发电机室、通风机室、精油室
YMSIV.D.03.6	仓库
YMSIV.D.03.7	其它
YMSIV.D.04	建筑工程
YMSIV.E	尾水渠工程
YMSIV.F	泄水槽工程(1+320后段)
YMSIV.G	桥梁、渡槽工程
YMSIV.G.01	泄水槽桥梁工程
YMSIV.G.02	尾水渠桥梁工程
YMSIV.G.02.1	NQ-01 农用桥工程(112m)
YMSIV.G.02.2	NQ-02 农用桥工程(112m)
YMSIV.G.02.3	NQ-03 农用桥工程(152m)
YMSIV.G.02.4	JTQ-01 交通桥工程(112m)
YMSIV.G.03	尾水渠渡槽工程
YMSIV.I	厂区交通及渣场防护工程
YMSIV.I.01	尾水渠永久进厂公路及9#公路工程
YMSIV.I.02	临时进场公路工程(10km)
YMSIV.J	消防供水及给排水系统工程
YMSIV.K	工程完工

图2 三级WBS框图

三级WBS建立后,项目的WBS构建基本完成。但水电站厂房各台机组间混凝土浇筑存在先后关系,且因土建过程中还穿插了金结及机电安装,工序繁多,关系复杂,故增加了1、2#机组和3、4#机组这两个四级WBS。WBS的层次不宜过多,

一般情况下三到四个层次即能满足要求。WBS的划分各项目不尽相同,若划分合理,则管理框架清晰,计划层次分明,有利于管控和各类资源的加载及数据的统计,也能清晰的反映施工程序。不同行业项目WBS的划分都要遵循方便管理与控制这一基本原则。

### 2.2.2 结合工程量清单,添加作业任务

如尾水渠桥梁工程分组工程量清单中NQ-01 农用桥就包括桥梁荷载试验、地质钻探及取样试验、基础钢筋、下部结构钢筋、上部结构钢筋、附属结构钢筋、干处挖土方、钻孔灌注桩、钻孔混凝土芯样、现浇混凝土、预应力混凝土、桥面铺装、减震橡胶支座、伸缩装置共14个清单项。

作业任务是进度计划中的最小单元,不是直接将工程量清单中的每一项都作为进度计划中的作业任务,而是分析这些工程项目,得出既能概括工程量清单中的所有工程内容,又便于反映逻辑关系的作业。

上述尾水渠桥梁NQ-01 农用桥工程中,试验通常不单列为一个作业,仅在连接逻辑关系时考虑一定的工艺时间;钢筋工程基本上与混凝土工程同步进行,用混凝土浇筑一个作业代替;预应力混凝土因与其它桥梁一起考虑在预制场预制,故该作业添加在二级WBS尾水渠桥梁工程下,该处仅考虑预应力混凝土桥梁的安装;剩余其它各项全部归纳为桥面铺装及其它。

按照便于施工组织与管理、便于反映施工程序的逻辑关系、便于反映工艺流程、便于安排和调整作业时间、便于反映同类资源的组织关系、便于工程量核算以及便于各类施工强度指标统计的原则,将尾水渠桥梁工程添加的作业任务列入图3作业名称栏中。

继续上述工作,逐个分析各组工程量清单,将得出的作业任务添加在相应的WBS下,网络计划编制的第二步工作已经完成。

### 2.2.3 估算作业任务的工期

根据作业施工的难易程度、已经确定的施工方案,结合工程量大小和同类工程施工经验逐个估算出作业的工期。尾水渠桥梁工程作业任务的工期在图3原定工期栏中标示。

### 2.2.4 建立作业之间的逻辑关系

逻辑关系线的连接从WBS的内部开始,首先



按照工艺关系连接。在 NQ-01 农用桥工程这个三级 WBS 中,存在的工艺关系有:土方开挖→钻孔灌注桩施工→基础及下部现浇混凝土→预应力预制梁安装→桥面铺装及其它。

连接完工艺关系后,还需要考虑各个作业之间的组织关系,各作业的先后顺序取决于规划的施工程序、采取的施工方法、工期节点要求、工作面以及关键资源等因素的限制。尾水渠桥梁的总长度仅为 492 m,最初计划采用一套架桥设备,但不能满足 2016 年 4 月 30 日跨尾水桥梁具备通车

条件的节点要求,故增加了一套架桥设备,即预应力预制梁安装产生了 NQ-01→NQ-02 和 NQ-03→JTQ-01 这两条组织关系线。

当自下而上的将各级 WBS 中施工作业用逻辑关系关联,按照招标文件的要求给出了控制性工期内各节点添加限制条件,再通过 P6 软件进行进度计算,就形成了该项目进度计划的初稿。

二级 WBS 尾水桥梁工程逻辑关系连接完成并计算后的情况见图 3。

### 2.2.5 确定关键线路

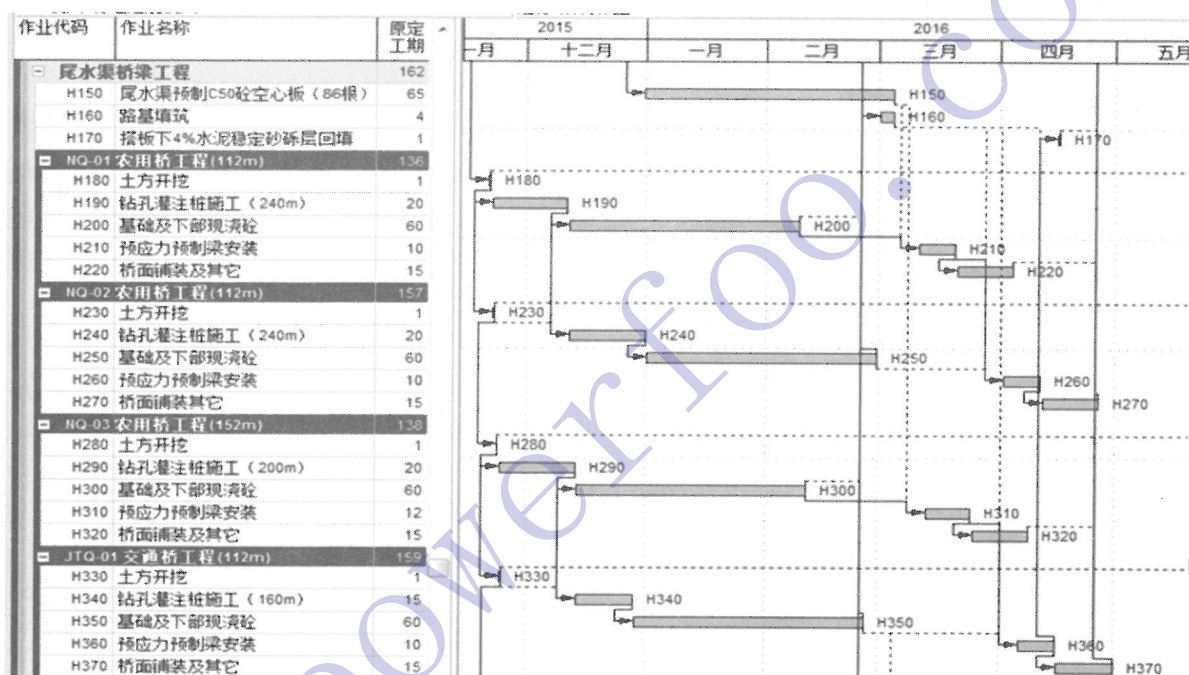


图 3 尾水渠桥梁工程 P6 进度计划图

在项目进度计划的初稿中找出持续时间最长的线路,若其长于要求工期时,应选择该线路上缩短工期需增加费用相对较少的工作逐个进行压缩,直到满足招标文件的工期要求;当工期提前时,则选择该线路上资源占用量大或直接费用高的工作,适当延长其持续时间,以降低其资源强度或费用。通过多次调整,该电站确定的最终关键线路为:工程开工→厂房高程 1 503.01 m 以上开挖→防渗墙施工→厂房高程 1 503.01 m 以下开挖→厂房底板混凝土浇筑→1、2#机混凝土浇筑→向机电标移交工作面→工程完工。

### 3 进度计划的优化

在确定了关键线路后,投标阶段进度计划的编制工作基本完成,但只能说该进度计划技术

上可行,响应了招标文件的要求。为了提高投标时的竞争优势,还需对进度计划进行优化,以达到成本最低的要求。进度计划的优化有以下两种方法。

#### 3.1 工期固定,资源均衡

在保证工期不变的情况下,利用工作机动时间,推迟或提前非关键工作的开始时间;当资源需求量超限时,中断非关键工作、改变非关键工作的持续时间等。通过采用这些削峰填谷的手段,达到资源使用均衡的目的,从而实现施工成本的最低。

#### 3.2 资源有限,工期最短

在资源有限的情况下,通过调整计划,使工期

(下转第 60 页)

胶结体的爆破施工方式不同于普通的土方及石方施工,由于胶结体特殊的地质成因造成其特殊的施工方式。达克曲克水电站厂房边坡在进行胶结体爆破施工过程中积极探索,确定了采用高风压、大孔径的履带式潜孔钻机进行钻孔、采用浅孔松动爆破的方式进行施工,并针对其胶结体性状确定了具体的爆破参数,对类似工程施工有一

(上接第56页)

延长最少的过程(即充分利用资源的过程),让关键资源连续不断地发挥作用,尽量减少资源限制对工期的影响。

其实,进度计划的优化就是在既定的条件下,对拟定的进度计划利用时差不断进行调整和改善,使之达到工期最短、资源最优、成本最低的目的。华能新疆亚曼苏水电站厂区枢纽工程进度计划未优化前,土石方开挖强度达到 92 万  $m^3$ /月,混凝土浇筑强度达到 15 080  $m^3$ /月;调整后的土石方明挖强度为 73.8 万  $m^3$ /月,混凝土浇筑强度为 13 048  $m^3$ /月,均衡了资源的使用,减少了设备进出场费用,达到了削峰填谷、节约成本的目的。

#### 4 结 语

施工进度计划是施工组织设计的主要内容之一,是施工组织设计的图表化;用 P6 软件编制的施工进度计划涵盖了大量的信息,展现了编制单位对工程项目的理解和对项目建设的规划,使用

定的借鉴意义。

作者简介:

曾 金(1984-),男,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

郭红利(1991-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

P6 软件编制进度计划解决了招投标阶段投标人进度计划编制时间短、任务重的问题。施工进度计划的合理性是成本最低的前提,用 P6 软件编制的进度计划调整方便,能起到事半功倍的效果,在华能新疆亚曼苏水电站厂区枢纽工程投标过程中,优化后的进度计划大大提升了中水十局公司的竞争力,为公司最终的中标奠定了基础。

参考文献:

[1] 纪云生. 水利水电工程施工组织设计手册[M]. 北京:中国水利电力出版社. 1996.

[2] 孙玉保. 建设工程进度控制[M]. 北京:中国建筑工业出版社. 2012.

作者简介:

谭文华(1982-),女,重庆市人,工程师,学士,从事建设工程设计与管理工作;

薛 锋(1983-),男,重庆万州人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

石 桥(1981-),男,湖北宜昌人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

## 去学水电站工程

四川硕曲河去学水电站位于定曲河(金沙江一级支流)最大支流——硕曲河干流上,工程区位于四川省甘孜藏族自治州得荣县境内,而水库库区大部分(约 15 km 长)位于云南省迪庆藏族自治州香格里拉县境内。去学水电站采用混合式开发。工程等别为二等,工程规模为大(2)型;正常蓄水位高程 2 330 m,水库总库容 1.326 亿  $m^3$ ,电站装机容量为 246 MW。去学水电站首部枢纽工程由中国电建水电七局有限公司承建,合同金额 5.738 亿元。主要包括沥青混凝土心墙堆石坝、右岸洞式溢洪道、右岸泄洪洞、纽巴雪料场开采及帷幕灌浆等。去学水电站拦河坝为目前在建的、世界上最高的沥青混凝土心墙堆石坝,坝顶高程为 2 334.2 m,坝顶长 219.85 m,坝顶宽 15 m;最大坝高 171.2 m,沥青混凝土心墙顶高程 2 333 m,沥青心墙最大高度 132 m。坝体采用沥青混凝土心墙防渗,主要由主堆石区、次堆石区、碾压增模区、坝基过渡层及心墙过渡料等部分构成,总填筑工程量约为 425 万  $m^3$ 。右岸泄洪洞全长 666.489 m,采用有压进口后接无压洞身型式,由进口段、事故检修闸门段、有压洞段、工作闸门段、无压洞段、窄缝挑坎段和护坦段等组成。洞式溢洪道全长 493.815 m,由进口引渠段、控制段、洞身段及出口段组成。引渠段进口尺寸为 21.9 m × 27.1 m(宽 × 高),引渠段全长 92.05 m,控制段底板高程为 2 304.167 m,控制段高 48.53 m。工程于 2013 年 9 月中标,2014 年 2 月 1 日正式开工,计划于 2016 年 10 月 31 日具备初期下闸蓄水条件,2016 年 12 月 31 日首台机组发电,2017 年 3 月 31 日工程完工。自 2013 年以来,项目部在项目经理赵然的带领下,先后克服了地震、超标洪水、地方限电及材料设备供应滞后等诸多困难后,按时完成了导流洞下闸蓄水、上游围堰具备挡水条件、大坝基坑开挖等重要节点目标。目前大坝填筑至高程 2 299 m,距离 2016 年 10 月 31 日填筑至高程 2 310 m 的蓄水目标指日可待。