

大型电厂 EPC 总承包工程中采购进度管理研究

袁丽雅

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的]影响工程采购绩效的因素有很多,国内外学者从不同角度出发进行了相关的研究,譬如采购成本控制,采购风险管理,采购合同管理及供应商管理等等,但是对于采购进度管理的研究很少,文章从工程采购的进度管理出发,试图探索出一条改善大型电厂 EPC 总承包工程采购的新思路。[方法]主要是利用关键链项目管理技术来进行采购进度计划,并且分析了关键链项目管理技术相比传统进度计划方法的先进性,然后结合工程实践应用,总结了大型电厂 EPC 总承包工程中采购进度管理的控制方法。[结果]关键链项目管理强调应重点识别核心设备和材料,合理调配人力资源,设置适当的缓冲和预警信号,并发挥采购衔接设计和施工的桥梁作用,有效加强采购进度管理。[结论]研究有助于指导总承包项目采购进度控制工作。

关键词: 关键链; EPC; 工程采购; 进度管理

中图分类号: TM611; F274

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)S1-0237-05

Research on Procurement Schedule Management of Large-scale Power Plant EPC Project

YUAN Liya

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] The schedule management of the procurement plan has been the prime focus of the thesis. In this investigation we measured the procurement schedule using the critical chain project management. The results have shown that there are obvious advantages when the critical chain project management is applied, compared to the traditional schedule management. [Method] Thus, we demonstrated the feasibility of concluding some approach on how to manage the procurement schedule in the large-scale EPC project based on the critical chain project management. [Result] The critical chain project management emphasizes the importance of identifying core equipment and materials, rationally allocating human resources, setting up appropriate buffer and early warning signals, and playing the role of procurement as a bridge connecting design and construction, so as to effectively strengthen procurement schedule management. [Conclusion] This work provides some guidance for further study on work of schedule management in the EPC project.

Key words: critical chain project management; EPC; engineering procurement; schedule management

对于 EPC 工程总承包商而言,采购是其获得增值的起点。它把一个组织的“制造能力”扩展到外部资源,即供应商的身上。在供应链的环境下,采购在 EPC 工程中发挥的作用越来越重要,采购工作能否高效顺利开展,直接影响着项目的进度、质量和

费用等目标的实现^[1]。

工程项目的采购的分类与制造业的采购有很大的不同。它一般分为物资、服务和施工分包采购。其中,物资采购是工程项目采购的重点,也是本文研究的重点。关于采购管理的研究有多种角度,本文主要以工程采购进度管理来对大型电厂 EPC 工程的采购管理进行研究。

大型电厂工程中物资采购主要包括两方面的内容:(1)设备采购:主要指用于电厂的成套机械或

收稿日期: 2017-12-23 修回日期: 2018-02-07

基金项目: 中国能建广东院科技项目“基于 EPC 模式下的电力建设工程质量专题研究(火电篇)”(ER03801W)

电气设备的采购,如:燃机、锅炉、汽轮发电机组、变压器、GIS设备等。这类物资技术含量较高,是项目竞争的重要优势点;(2)材料采购:主要是指电厂中的大宗材料的采购,如:管道、阀门、电缆、桥架、水泥、钢材、砖石等。这类物资单价低、用量巨大,因而成本比重也不小。在EPC工程中,物资采购金额将占工程造价的50%左右,设备材料供应是否及时,直接影响项目的总体进度和费用,因而必须进行有效的采购进度管理。

1 关键链项目管理理论

传统的采购进度管理技术,也就是项目进度管理技术,得到最为广泛应用的是关键路线法(CPM)以及计划评审技术(PERT),但从长期以来CPM/PERT的理论研究和实践表明,CPM/PERT由于未考虑资源受限情况而存在着较大缺陷。

关键链项目管理(CCPM)理论基础是戈德拉特博士(Dr. Eliyahu M. Goldratt)的约束理论(Theory of Constraints,以下简称TOC),TOC理论认为任何系统至少存在着一个约束,否则只要给与足量的投入,那么就能得到无限的产出^[2]。而系统的强度并非由系统中最强因素决定的,而是取决于系统中最弱的一环。为了提高系统强度,我们必须从最弱的一环(或“瓶颈”或“约束”)下手,把有限的资源和精力投入到最关键的环节上,才能提高整体系统强度。将TOC理论应用在项目管理领域就形成了关键链项目管理技术。关键链项目管理技术着眼整个系统强度,考虑资源约束,为防止延期提出了缓冲器概念,由此形成关键链技术。

CCPM是以约束理论为基础^[3],用关键链技术代替CPM及PERT理论中的关键路径技术。关键链与关键路径都强调抓住系统的关键,但两者的主要区别在于,关键路径仅仅只考虑了任务的执行时间和任务间的紧前紧后逻辑关系,而关键链除此之外还考虑了任务间的资源约束和资源冲突。关键链技术强调制约项目进度的并非关键路径,而是关键链,由此通过项目缓冲(PB)、输入缓冲(FB)以及资源缓冲(RB)三种机制来促进项目进度,通过设置三种不同级别的缓冲消除项目进度计划受到项目中不利因素的影响,以实现在假设条件下编制的项目计划在动态环境下仍然能顺利执行^[4]。CCPM技术的两大机制主要是关键链调度机制和缓冲管理

机制。

2 基于关键链项目管理的EPC工程采购进度计划

CCPM应用于项目管理中,在进行项目进度规划时,以有限的资源为前提,以消除不利因素的任务为目标,并设置充分的项目缓冲来促进项目的整体进度按计划执行^[5]。传统项目管理技术,如关键路线法及计划评审技术等传统项目管理方法,未考虑资源约束,不能实现在资源上的规划功能,往往导致实际进度与计划进度存在较大偏差^[6]。传统项目管理技术在很大程度上低估甚至忽视了资源使用效率对项目进度造成的影响力。因此传统项目管理技术与现实不符,无法满足项目设计、施工、进度、费用等内容的实际需求,这与当前EPC工程中普遍存在的资源冲突和不确定性因素相悖,因此不适用EPC项目的采购管理。本节将探讨如何应用CCPM来进行EPC工程采购进度计划的生成,以提升工程项目的采购进度计划的准确性,提高采购管理的绩效。

2.1 CCPM在采购进度控制中的应用

在EPC采购进度中,设备材料供应时间长,覆盖面广,因此需在采购进度的各个环节设置适当数量的缓冲,主要目的是用以应对供应商不可事先预见以及特殊情况下的延迟供货;而设置项目缓冲则是在计划工期前设置适当时间的预量,要求设备材料将在计划工期前的合适时间到货,以应对不利因素对项目进度造成的延误。虽然合理的设置缓冲可以加快采购的进度,但是不合理的设置缓冲也会增加时间的浪费,因此不是每个工作间都需要设置缓冲,我们只需在关键环节上设置。

应用关键链项目管理,通常在项目尾期设置项目缓冲。项目缓冲的作用是“兜底”,亦是通常意义上的“预量”,以防止前期各种延误累计到最后而造成不可补救的后果^[7]。在采购环节的工作中分摊一定的项目缓冲,把采购工作的完成时间适当往前提,即项目缓冲的具体应用。作为项目的“瓶颈”资源,重要设备和主要材料的采购和供应必须提前安排。如图1所示,对材料或服务的采购,有两个重要的控制日期,一个是供应商承诺到货日期,一个是施工现场要求到货日期。这两个时间之间插入输入缓冲。缓冲的估计是基于对每个采购中项目整体

采购和物流进程风险和不确定性的系统分类。这些采购过程风险的确定和估计是基于过往经验和历史数据，及供应商的输入，还有当前市场预测。

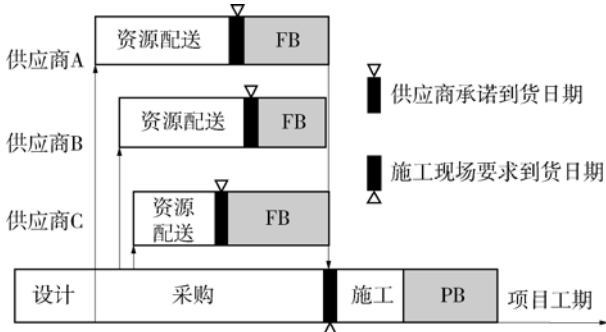


图 1 EPC 工程采购过程中的缓冲管理
Fig. 1 Buffer management in EPC engineering procurement process

应用缓冲管理后，总承包商就可以更加灵活和机动的地安排重要设备和关键材料的“到货”，而非完全听信供货商的承诺，亦非被动的等待，而是提前管理，掌握主动。这种方法在工程实际中应用较多，能够有效预防供货商延迟供货给项目带来的进度拖后风险。

2.2 应用模型

某 EPC 工程需要材料供应商、分包商、设备租赁商的合作，制作网络图如图 2 所示，其中每个任务节点有三个参数 X/Y/Z，X 为任务节点序号，Y 为该任务将用到的资源（主要指需要总承包商提供的人力资源或者物），Z 为估计的理想完工时间。图中粗线标识路线为时间关键路径。利用传统的 CPM 法容易计算，所需要的总工期为 $(20 + 10 + 14 + 20)d = 64 d$ 。

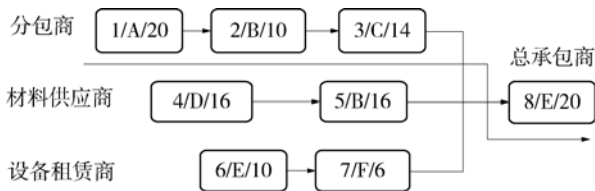


图 2 CCPM 在采购进程中的应用
Fig. 2 The application of CCPM in purchasing process

利用 CCPM 理论，首先将原理想完工时间减半，剩余的时间作为输入缓冲和项目缓冲，输入缓冲插入到非关键链与关键链的汇合处，项目缓冲插入到整个项目的最末，如图 3 所示。

根据风险聚合原理，网络图中所有设置缓冲的

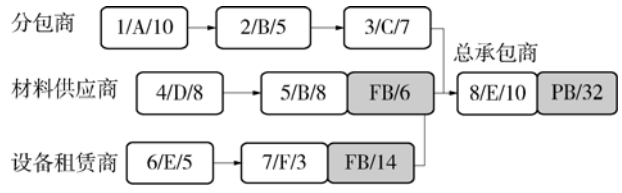


图 3 CCPM 在采购进程中的应用
Fig. 3 The application of CCPM in purchasing process

线路不可能同时都发生延误，所以对于项目总体而言，必要的缓冲时间设置应该小于所有线路的缓冲之和。计算新的缓冲时间，即将非关键链上任务被砍掉的所有安全时间总和的一半作为非关键链的输入缓冲。如图 4 所示。

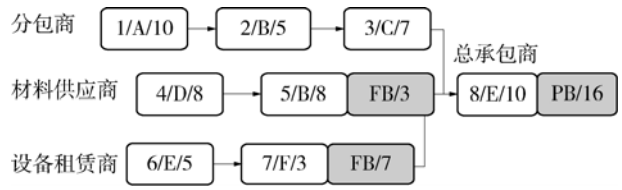


图 4 CCPM 在采购进程中的应用
Fig. 4 The application of CCPM in purchasing process

下面考虑资源缓冲，如图 5 所示，在任务 2 和任务 5 中都需要资源 B，这样就产生了资源冲突，在任务 5 前需要设置资源缓冲，即“预警”，不需要增加时间的设置。由于关键资源 B 的制约，关键链从原来的时间关键路径发生转移，并且被延长，如图中粗黑线所示。

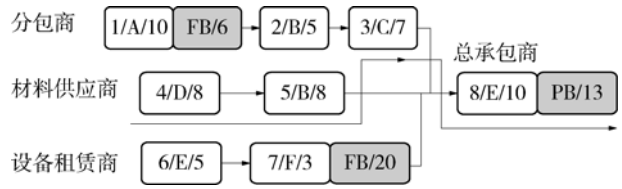


图 5 CCPM 在采购进程中的应用
Fig. 5 The application of CCPM in purchasing process

延长后的总工期为 $8 + 8 + 5 + 7 + 10 + 13 = 51 (d)$ 。相比 CPM 法所得到的总工期缩短了 $64 - 51 = 13 (d)$ ，并且同时考虑了时间和资源的约束，更加合理。

3 大型电厂 EPC 总承包工程采购进度管理要点

关键链项目管理技术的核心要点是关键链，将其应用到采购进度管理，主张除了传统关键路径中任务的持续时间和任务之间逻辑关系之外，还要考

虑任务之间的资源约束作用。从关键链技术的调节机制和缓冲管理机制两大机制出发,可以探索保证采购进度、防止采购延误的思路。该研究对实际工程有较强的启示和指导作用,下面结合工程实际,对采购进度管理要点进行总结。

3.1 强调关键链中资源约束作用,重点识别核心设备和材料

关键路径只考虑了进度的优化,而关键链与关键路径最主要区别是考虑了资源约束。既然资源有限,那么资源的分配调度上不可能平滑均匀,必须把资源投向最核心的种类,才能取得事半功倍的效果。识别核心种类设备,最有效的方法是帕累托二八原则,即抓住核心20%,就抓住了80%的效益。

电厂中的核心设备,指供货周期长且控制着整个工程进度基础的大型设备,尤其是锅炉、蒸汽轮机、燃气轮机、发电机、变压器等主机设备,往往供货期长达16个月以上,成为整个工程进度的绝对制约。实际工程管理中,以上主机设备也毫无疑问列为整个电力工程的首要重点。

电厂中的核心材料,指供货跨度长且易发生紧急补购的材料,尤其是电缆、桥架、管道等,横跨整个安装周期,却往往因为统计量不准而须临时紧急补购,从而造成进度受阻。虽然当前通过三维设计等技术使统计量准确度大大提高,但在实际工程中发生临时紧急补购的情况十分普遍,仍需格外关注。

3.2 运用关键链调度机制,合理调配人力资源

关键链技术中资源约束下的资源冲突不可避免,比如人力资源、经费资源、时间资源等以不同形式的冲突存在。特别是人力成为21世纪最抢手资源,也是各组织各项目间互相争取的核心资源。在关键链调度提供了调度思路下,进行进度和费用优化的调度原则是:(1)选择缩短持续时间对质量或安全产生影响不大的工作;(2)选择有充足备用或可替代资源的工作;(3)选择缩短持续时间导致增加费用最少的工作。在这种思路下,项目进度计划的编制不再局限于只包含了时间因素和关键路径的传统进度计划图,而是考虑资源约束并经优化梳理,制定合理的加载人力资源负荷的进度计划。

3.3 运用关键链缓冲管理机制,设置适当的缓冲和预警信号

根据关键链缓冲管理机制,编制进度计划时要

遵循前紧后松原则。根据前紧后松的进度计划,前期工作的工期要压缩,以严格的进度要求重要岗位的成果。当规定时间内工作未按时完成,致使原定计划受到影响时,必须提出预警并要求限时追赶修正。提前设置必要的缓冲,才给延误的工作留出了修正时间。而为了资源的及时供应,防止缓冲被无效消耗,还需在流程和制度上对无故拖延的行为设立明确的处罚规则,提高拖延进度的成本,以减少延误。同时,为了让供应方及时的了解项目的最新进展和准确的项目状况,需有意识的建立顺畅的沟通渠道和信息发布制度,并定期提醒资源供应方向时需要他们参与,是降低延误率的有效办法。

3.4 发挥采购管理桥梁作用,有效衔接设计和施工

在EPC总承包项目中,采购起着衔接设计和施工的桥梁作用。采购进度是设计进度和施工进度关键环节,采购进度工作的首要目标,一方面保证设计进度不受影响,主要表现在设计出图所需的设备资料输入能及时提供;另一方面保证施工安装进度不受影响,主要表现在施工安装所需的设备能及时到货。

在保证设计进度方面,须对招标批次精心策划。在实际工程总承包项目中,鉴于前期业主方要求的工期往往相对紧张,为保证工程能按计划开工,重点在于开工之前的主厂区桩基处理等能按时完成,倒排回来必须保证桩图及其他设计图纸能按时提供。因此,与主厂房桩基基础相关、影响荷载的设备一般都计划放在第一批辅机,并须紧密计划尽快完成招标以便厂家提资。除此之外,需设备厂家资料作为输入的设备均安排在前第三批完成招标,不因设备资料的延迟造成设计出图计划的延迟。

在保证施工进度计划方面,须在招标安排和采购催交合理安排,将施工工序要求早到货以及生产周期长的设备提前安排招标,在人力和工作量上给与倾斜并重点催交,以满足施工安装需求。尤其应关注主机、变压器、进口管道等生产周期长的设备,进口阀门、仪表、套管等进口报关环节周期长且可调力度小的进口设备或部件,以及处在关键线路上的如化水设备和起重设备等。

4 结论

EPC工程中采购管理是核心环节,是EPC总

承包商获取利润的一个重要来源，对于工程设备和材料的供应管理弥足重要。在 EPC 工程的采购管理中运用关键链项目管理思想提高采购绩效，是 EPC 工程的总承包企业提高总承包能力和总承包效益的有效途径。

本文针对 EPC 工程采购的现状，结合工程采购的实践，对工程采购进度管理进行了分析和研究，得出的主要结论是，关键链项目管理技术在 EPC 工程采购管理中的应用有效地改进了传统的进度计划方法的缺陷。

参考文献：

- [1] ARBULU R J, TOMMELEIN I D. Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain [J]. Building Research and Information, 2003, 31(2): 161-171.
- [2] 马国丰, 屠梅曾, 史占中. 基于 TOC 的项目管理技术模型 [J]. 系统工程理论方法与应用, 2005, 14(1): 84-87.
MA G F, TU M Z, SHI Z Z. Project management technical model based TOC [J]. Systems Engineering Theory Methodology & Applications, 2005, 14(1): 84-87.
- [3] 刘洪波, 丰景春, 周阳. 基于关键链的建设项目进度风险管理 [J]. 科技管理研究, 2017(10): 138-139 +143.
LIU H B, FENG J C, ZHOU Y. Schedule risk management of construction project based on critical chain project management [J]. Science and Technology Management Research, 2007 (10): 138-139 +143.
- [4] 马国丰, 尤建新. 关键链项目群进度管理的定量分析 [J]. 系统工程理论方法与实践, 2007(9): 54-60.
MA G F, YOU J X. Quantitative analysis of critical chain multiple project scheduling management [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2007(9): 54-60.
- [5] CHIU C W, PING H L, YONG C. Resource-constrained project management using enhanced theory of constraint [J]. International Journal of Project Management, 2002, 20 (2): 561-567.
- [6] 王雪青, 郭留洋, 符桃. 基于关键链技术的工程项目进度规划问题研究 [J]. 河北工业大学学报, 2005, 34(6): 20-23.
WANG X Q, GUO L Y, FU T. Construction project schedule problem research based on critical chain technique [J]. Journal of Hebei University of Technology, 2005, 34(6): 20-23.
- [7] STEPHEN C W, HENG L, TIM P L, et al. Enabling information sharing between e-commerce systems for construction material procurement [J]. Automation In Construction, 2004, 13 (2): 261-276.

作者简介：



YUAN L Y

袁丽雅(通信作者)

1985-, 女, 湖北天门人, 高级工程师, 硕士, 主要从事项目管理及采购管理工作(e-mail)yuanliya@gedi.com.cn。

(责任编辑 高春萌)

