

## 关键链项目管理：一种新型的项目进度计划技术

张 敏

(西北大学经济管理学院, 陕西西安 710127)

**摘 要:**关键链项目管理(CCPM),是在约束理论(TOC)基础上发展起来的一种项目进度计划技术。本文详细介绍了关键链项目管理的基本思想、使用步骤、缓冲区的计算方法,并指出了关键链项目管理的优点及今后有待研究的问题。

**关键词:**约束理论;关键链;缓冲区

随着全球经济的快速发展,对于项目实施周期的要求越来越短,原有的项目计划调度方法中,项目计划人员为了处理工序工期的不确定性,通常是采用保守的工期估计方法(如图1)。估计各道工序的最可能工期 $d$ ,在此基础上添加一个安全时间 $\Delta$ (或者称为工期裕量)。这样就得到工序的保守工期 $D(D = d + \Delta)$ ,并以它作为项目进度计划的依据。但是,这种保守的估计方法不利于项目进度控制,而且会导致项目工期不必要地延长。为了克服原有方法的缺陷,约束理论(Theory of Constraints, TOC)<sup>[1]</sup>创始人 Goldratt 博士在 1997 年出版了管理著作《关键链》为项目管理开创了一种新的方法——关键链项目管理(Critical Chain Project Management, CCPM)<sup>[2]</sup>。CCPM 认为是各工序持续时间、紧前关系与资源供求之间的相互作用共同决定着项目总工期。这种相互作用导致一个或更多的工序序列决定了项目最早完工时间, Goldratt 将这种序列称为关键链(Critical Chain, CC),并将其定义为:“决定项目最早完工时间的有序活动所组成的链路”。把关键链网络化并运用于项目进度规划决策的技术称之为关键链法(Critical Chain Method, CCM)或(Critical Chain Scheduling, CCS)。

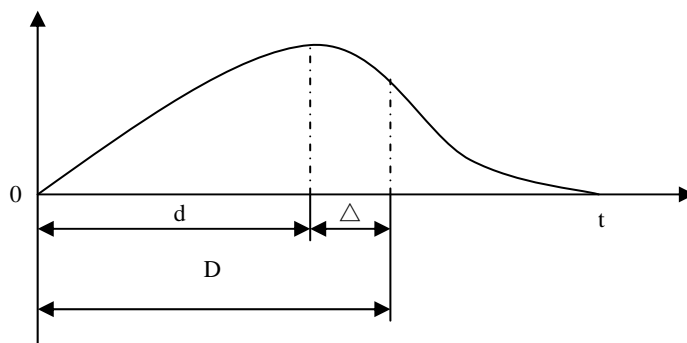


图 1

### 一、CCPM 的前提假定

#### (一) 项目计划阶段人的行为假定

在编制工程进度计划时,工序持续时间通常是具体工程量、资源供应情况和定额(或经验)等来估计。然而众所周知,项目具有单件性、唯一性,通常面临着大量不确定因素。无论是计划编制人员还是

---

【作者简介】张敏(1980-),女,陕西西安人,西北大学经济管理学院工商管理系硕士研究生;研究方向:项目管理。

计划执行者，通常在防患于未然的心理驱使下，大部分人都会趋向于选取或争取具有完工保证率的工序执行时间。Goldratt 和其他 CCPM 研究者认为大多数时间估计为大致具有 90% 的保证率。然而，正如图 2 所示，随着完工保证率的提高，工序时间估计将大幅增长，如 90% 保证率估计时间甚至可能达到 50% 保证率估计时间的 2~3 倍。所以 CCPM 采取以 50% 保证率估计工序持续时间。

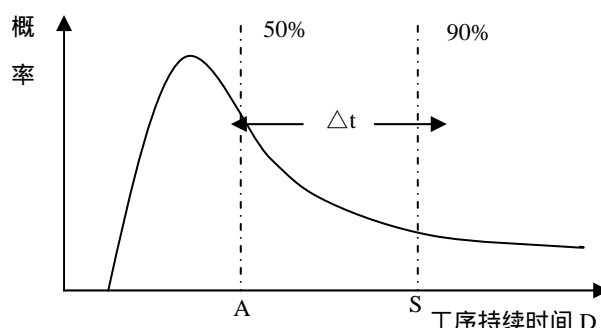


图 2

## （二）项目实施阶段人的行为假定<sup>[3]</sup>

防患于未然的心理本无可厚非，然而这种存在于各工序中的安全储备并未取得预期的效果，这些看似较有把握如期完工的工序，在工程实际中最终却很少能提前完成，有的工序甚至仍然延期。Goldratt 指出帕金森定律（Parkinson's Law）<sup>[4]</sup> 在项目实施过程中对项目中的任务完工时间产生了重要影响，主要表现是当人们发现他们完成任务的工作时间比较充足时，不会尽快完成并立刻通知上级，在通常情况下他们会把工作安排在整个给定的时间，使项目不会过早完成。

Goldratt 在《关键链》一书中定义学生症候群（Student Syndrome）：“即使给再多的时间也要等到最后时刻才动手进行”。平时不抓紧、考试前抱佛脚，作业等到最后时刻才能完成，这是学生对待功课的一些常用的态度和做法，在项目实施过程中这种情况也经常发生。即使在项目计划过程中计划的时间再充裕时间还是不够用，原因是项目实施过程中工作人员因任务时间过多而采取等待和拖延的做法使项目时间大大消耗，造成最后任务完工时间和项目完工时间不够的现象。所以 CCPM 通过设置缓冲区来控制这样的行为。

## 二、CCPM 的基本思想

CCPM 植根于约束理论。约束理论是一种新的管理哲理，该理论认为“局部最优的总和并不能导致全局最优”，必须从系统的角度来研究问题。在项目实施过程中，资源的利用率是不可能保持平衡的。项目进度只是受到一部分资源的影响，而不是受到所有资源的影响。所以只有找出约束项目进度的关键因素，才能使项目进展顺利。

### 1. 关键链的确定

- （1）建立工作节点网络图，找出关键路径；
- （2）考虑到资源约束，将网络图中工序之间的并行执行关系转化为串行关系，这时可得到考虑了资源约束后的关键链；
- （3）消除传统项目管理存在的安全时间，以 50% 的完工概率估计工序的执行时间；
- （4）把项目缓冲区，输入缓冲区和加入关键链中，就得到了项目的关键链。

### 2. 缓冲区的定义

人为去掉安全时间后，由于存在难以预料的不确定性，项目的风险加大了，容易出现延误。为解决这一矛盾，关键链理论在关键链后设置项目缓冲区（Project Buffer, PB），将关键链工序的安全储备以 PB 的

形式转移至关键链之后。当几个工序并行汇入下一道工序时,CCPM 为防止汇入关键链工序给关键链带来的延误,在汇入关键链工序后设置了关键链输入缓冲区(Feeding Buffer, FB)。关键资源是宝贵的,为了充分发挥其效能,减少资源转换时的浪费,CCPM 要求在关键链上工作的前面设置资源缓冲区(Resource Buffer, RB)。

### 3. 缓冲区大小的确定方法

以项目干系人的经验估计第  $n$  个工序的执行时间为  $t_b$ , 以 50% 的完工概率估计第  $n$  个工序的执行时间为  $t_a$ , 两者之差为  $\Delta t = t_b - t_a$ 。

(1) Goldratt 法: 以 50% 的完工概率估计 PB 或 FB 的前链路上各工序的时间之和的一半, 即

$$PB = 1/2 \sum_n t_a \quad (5)$$

$$FB = 1/2 \sum_n t_a \quad (6)$$

式中, 工序  $n$  为位于缓冲区前链路上的工序。

这种方法简捷明了, 然而缓冲区的大小与工作链的长度成线性关系, 容易产生缓冲区过大或过小的现象。

(2) 各工序项目干系人的经验估计, 与 50% 的完工概率估计的时间差值之和的一半, 即

$$PB = 1/2 \sum_n \Delta t \quad (7)$$

$$FB = 1/2 \sum_n \Delta t \quad (8)$$

(3) 根方差法: 该方法由 Lencient 科技公司最早提出, 即

$$PB = [\sum_n (\Delta t)^2]^{1/2} \quad (9)$$

$$FB = [\sum_n (\Delta t)^2]^{1/2} \quad (10)$$

根方差法使得项目管理者不必随意削减各项工作包的预估时间, 从某种程度上避免缓冲量过大或过小现象发生<sup>[4]</sup>。但是该方法要求工序间的安全时间是独立变量。

### (4) 其它方法

BIFPET 模型法: 利用模糊数学将人们的经验及其评价转变成对活动时间的估计来算出 PB。

弹性系数法: 以 PERT 的三点估计 ( $a, m, b$ ) 为基础, 以两点估计 ( $a, b$ ) 代替三点估计, 将时间估计  $m$  吸收到工序弹性系数 KB, 通过计算 KB 计算出缓冲区的大小。<sup>[5]</sup>

专家打分法: 请经验丰富的专家, 明确影响工序的各种因素, 包括风险因素、人员因素、设备因素等, 组织专家分别对其打分, 得出风险指数、人员指数、设备指数, 最后得出优先序数, 通过优先序数计算缓冲区的大小。<sup>[6]</sup>

风险量法: 从进度风险管理角度出发, 通过计算关键链上各项工作的时间风险量之和计算出缓冲区的大小。<sup>[7]</sup>

### 4. 缓冲区的管理

CCPM 确保项目顺利进行的一个重要手段是缓冲区的设定。对于项目缓冲区, 如果关键链上的某项工作产生拖期, 那么拖期时间会被项目缓冲区吸收; 反之, 如果某些工作提前完成, 则提前时间也会被加入到项目缓冲区中。输入缓冲区对于非关键链具有相同的作用。因此可以认为, 缓冲区为项目管理者提供了项目当前进行状况的指示表, 通过对剩余缓冲区的观察就可以对项目当前的执行情况一目了然, 并在需要时采取必要的措施。

缓冲区可分成三部分, 分别为绿色、黄色和红色。如果缓冲区“表针”指示绿色部分, 则可以认为项

目在预期进行；如果“表针”指示黄色部分，则应密切关注或取一些改进措施；如果“表针”指示红色部分，则认定项目进行非常不顺利，必须采取果断措施改善项目的执行。

资源缓冲区通常采用一种预警的形式，是各工序负责人以及负责关键资源调配的职能经理必须提前做好准备的“预警期”。为保证资源在需要时及时供给，应在项目开始时就签订合同，并实施相应的奖惩措施，对提前移交予以奖励，而对无故拖延予以处罚。在项目进行过程中，让这些资源供应方及时了解项目最新状况并定期提醒他们何时需要他们参与，不失为明智之举。Goldratt 建议在开始工作前两周便提醒这些资源供应方，然后在临开始前 3 天和开始前 1 天还要通知他们，关键链上的工序所需关键资源应予以校核并做好充足准备（为资源创造空间或闲暇时间）。

### 三、CCPM 应用举例

图 3 项目中每个字母代表一种资源，因此共有 A、B、C、D、E 五种资源，每种资源每次只能被一种任务所占用。任务和任务之间存在一定的依存关系，依存关系由任务之间的连线决定，任务的依存关系决定了任务完成的先后顺序。每个任务都有以 50% 完工概率估计的完成时间。

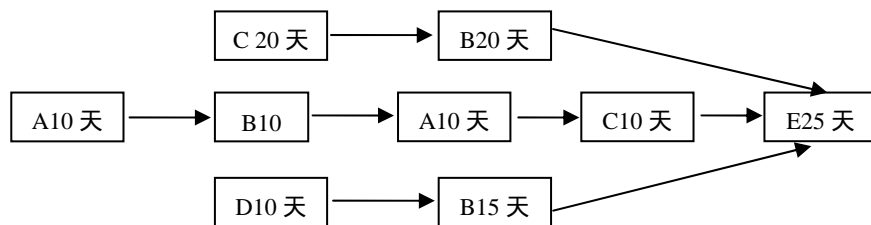


图 3

(1) 由于 B 资源为瓶颈资源，通过资源平衡化解资源冲突，找出项目最长任务链，确立为关键链。图中用虚线连接的线路为项目关键链。

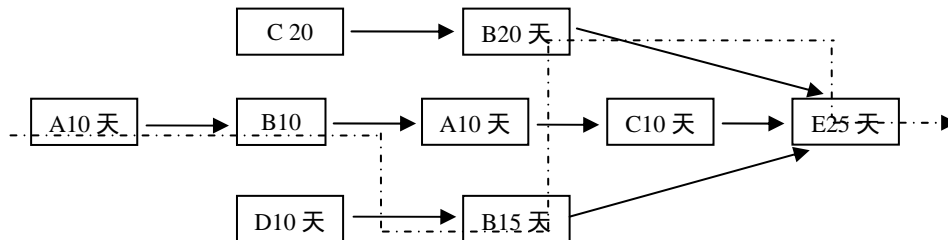


图 4

(2) 在关键链尾部设置项目缓冲区，在非关键链到关键链的入口处设置输入缓冲区。

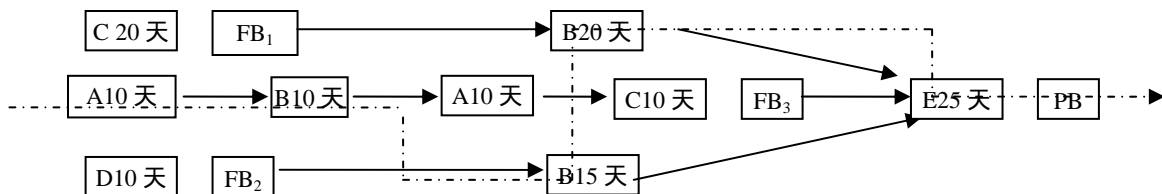


图 5

(3) 计算缓冲区的大小。此例运用 Goldratt 法来计算缓冲区的大小。

$$FB_1=20/2=10 \text{ 天}$$

$$FB_2=10/2=5 \text{ 天}$$

$$FB_3=(10+10)/2=10 \text{ 天}$$

$$PB=(10+10+15+20+25)=40 \text{ 天}$$

#### 四、对 CCPM 的评价

##### 1. CCPM 的优点

(1) CCPM 不仅考虑了工作间的紧前关系约束，而且考虑了工作间的资源冲突，因此更加符合实际应用；

(2) CCPM 标识了项目周期的制约因素和资源瓶颈，指出了项目中的关键因素，即关键链上的工作和瓶颈资源，为项目管理人员缩短项目周期指明了方向；

(3) CCPM 为项目管理人员保证项目的如期完成提供了有效途径，即在非关键链到关键链的入口处和关键链尾部设置缓冲区，缓冲区的设置可以大大降低项目重计划的频率；

(4) CCPM 考虑到人在计划和实施时的心理因素的影响，并采取相应措施克服工期过长、容易延误的缺陷。

##### 2. CCPM 有待研究的问题

(1) 关键链既要考虑时间约束也要考虑资源约束，它的确定方法是一个难点。对于需要多种资源的复杂项目，要确定关键链将变得困难。关键链的确定目前尚无通用的算法，这些问题在 Goldratt 中所著的《目标》、《关键链》等书中都未明确提及，都是值得深入研究的内容。

(2) 缓冲区是保证项目计划如期进行的有效措施。本文介绍的缓冲区尺寸的计算方法都是基于工作的估计执行时间确定的，未考虑资源的约束情况。因此，缓冲区尺寸应结合资源约束情况设置，而关键链理论没有对这一问题进行详细说明，需要进一步深入研究。

(3) CCPM 主要以项目周期最短为目标，而且各工作的执行模式只有一种，但在实际应用中，项目管理问题往往是多目标优化问题，比如成本最低、资源消耗水平最低等，对于这些问题，CCPM 尚没有论述。

(4) 多项目应用：现实中的企业大多同时实施多个项目，CCPM 如何具体实行需要进一步研究。

##### 参考文献：

- [1] Goldratt E. M., Cox J. (1993). *The Goal*. 2nd ED. Aldershot: Gower.
- [2] Goldratt E. M. (1997). *Critical Chain*. MA: The North River Press.
- [3] 金升龙. 制约理论：突破企业经营瓶颈的有效方发[M]. 广州：广东经济出版社，2004.
- [4] Newbold R. C. (1998). *Project Management in the Fast Lane-applying the Theory of Constraints*. BocaRaton: the St Lucie Press.
- [5] 万伟，蔡晨. 基于 PERT/CPM 的关键链管理[J]. 中国管理科学，2003，11 ( 6 ) .
- [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 ) .
- [7] 蒋国萍，陈英武. 基于关键链的软件项目进度风险管理[J]. 计算机应用，2005，25 ( 1 ) .

( 责任编辑：裴中华、陆军香 )