

文章编号:1002-980X(2007)09-0034-04

对基于挣值法的项目进度预测方法探讨

马蓉¹, 徐莉², 赵爽³

(武汉大学经济与管理学院, 武汉 430072)

摘要:通过展开对挣值原理的理论研究,指出现有基于挣值原理进行进度预测的不足,即提出“EV—预测”隐含的假设问题的局限性。因此,针对一般情况下的项目进度,建立了相应的数学分析模型。该文的研究对运用EV法进行成本控制的管理人员提供了重要的参考依据。

关键词:项目管理;挣值法;成本控制;线性假设

中图分类号: F224.5 **文献标志码:** A

“挣值”这一概念已经成功地大量运用于现代项目控制管理中。挣值绩效分析法是一种分析目标实施与目标期望之间差异的方法,是一种项目绩效衡量技术,它综合了范围、时间和成本数据。它的独特之处在于以预算和费用来衡量工程的进度与资源的利用情况。然而,实践家们往往忘记了挣值技术隐含的假设,这就可能导致错误的结论。例子之一就是,基于挣值法的预测,运用的都是在相同假设条件下的计算公式。这些公式隐含的线性假设似乎与实际事实相冲突。因此,本文根据项目的实际进度情况,建立了相应的预测数学模型,希望对进行成本控制的人员有所助益。

1 挣值法的基本原理及应用现状分析

挣值(Earned Value),也称赢得值或盈余值。基本要素是用货币量代替工程量来测量工程的进度,以资金已经转化为工程成果的量来衡量,并用三个基本值来表示项目的实施状态^[1]。其根本目的是要使用该指数分析项目工期和项目成本各自出现的变动情况、这些变动所造成的相互影响、项目工期与项目成本的未来发展趋势,以及预测由此造成的影响。

1.1 挣值法的基本值及分析

1) 计划工作的预算成本 BCWS(Budgeted Cost of Work Scheduled): 某一时点应当完成的工作所需投入资金或花费成本的累计值。

2) 已实施工作的预算成本即挣值 BCWP (Budgeted Cost of Work Performed): 某一时点已完工作所需投入资金的累计值。

3) 已实施工作的实际成本 ACWP (Actual Cost of Work Performed): 某一时点已完成工作所实际花费成本的总金额。

4) 成本偏差。成本偏差 = $BCWP - ACWP$, 显示已完成的工作成本是否超过还是低于该项工作的预算。

5) 进度偏差。进度偏差 = $BCWP - BCWS$, 显示已完成工作的进度是超过还是落后于计划进度。

6) 成本绩效指数(CPI)。CPI(Cost Performance Index)即成本绩效指数 = $BCWP \div ACWP$, 一个BCWP为200 000的20 000的成本偏差和BCWP为100 000的20 000成本偏差的重要性是不同的,引入成本绩效指数这个概念就克服了这个问题,利用它很容易发现危险点。

$CPI > 1$, 表明项目成本低于预算,运作好于计划。

$CPI = 1$, 表明项目成本按预算,刚刚好的运作。

$CPI < 1$, 表明项目成本超出预算,运作差于计划。

进度绩效指数(SPI)

SPI(Schedule Performance Index)即进度绩效指数 = $BCWP \div BCWS$,

收稿日期:2007-04-09

作者简介:马蓉(1983—),女,四川南充人,武汉大学经济与管理学院管理科学与工程系硕士研究生,主要从事电力项目技术经济方面的研究;徐莉(1955—),女,湖北汉川人,武汉大学经济与管理学院管理科学与工程系教授,博士生导师,主要从事项目管理与投融资方面的研究;赵爽(1983—),男,四川南充人,华中科技大学电子与通信工程系研究生。

$SPI > 1$, 表明项目的进度超前于计划, 运作好于计划。

$SPI = 1$, 表明项目的进度按计划, 刚刚好的运作。

$SPI < 1$, 表明项目的进度落后于计划, 运作差于计划

7) 项目未完成部分的估算(ETC)

ETC(Estimate(or Estimated) To Complete), 即项目未完成部分的估算, 它的计算公式为 $ETC = (BAC - BCWP) / CPI$, 其中 BAC(Budget At Completion) 指的是完成项目的预算, 也就是项目开始实施之前计划完成项目的总预算。

1.2 挣值的线性分析现状

项目开始实施之前有计划的总预算 BAC, 和计划持续时间 t_p 。如图 1。

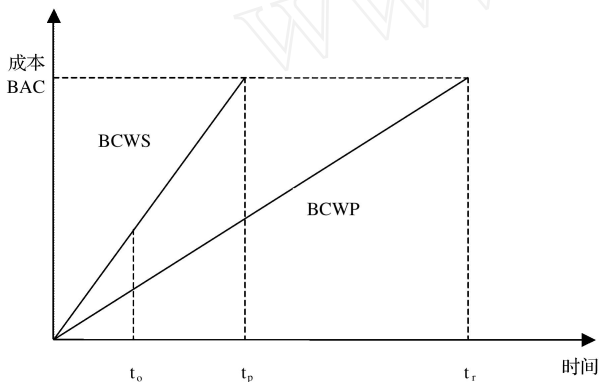


图 1 直线型曲线

在时间 t_0 点项目的进展发生了改变, 项目进度明显落后于计划。从而项目以不同于计划的速度在向前发展。因此, 项目的持续时间修正为 t_r 。

基于进度绩效指数 $SPI = BCWP / BCWS$:

在时间 t_0 处:

$$SPI = BCWP / BCWS = (BAC * t_0 / t_r) \div (BAC * t_0 / t_p) = t_p / t_r$$

$$\text{亦即: } SPI = t_p / t_r \quad (1)$$

然而, 从图 1 中可以看到在该公式背后隐含着这样的线性假设:

累积计划预算成本曲线 BCWS 和累积挣值曲线 BCWP 都是直线型的, 而且与成本计划相比, 挣值是以相同的速度(这里是低于计划的速度)发展。即后续工作的进度执行绩效是按照前面的绩效执行下去的。

2 挣值的非线性分析

2.1 模型的初步建立

在实际情况下, BCWS 和 BCWP 可以是任何一种非减函数。因此构造:

$$S(t) = \text{累计计划预算成本函数} \quad 0 \leq t \leq t_p$$

$$P(t) = \text{累计挣值函数} \quad 0 \leq t \leq t_r$$

通常项目一开始成本投入是稳定的, 随着项目的深入, 项目所面对环境的不确定性因素增加, 风险加大, 单位时间的投入成本增加。在项目建设后期, 随着项目环境的明朗, 项目的单位成本又会稳定下来, 甚至减少。直到项目终止, 成本投入也就完结。因此在项目的整个持续期间, 项目的单位时间成本会达到一个最大值。如图 2 中的虚线所示。这就是通常所说的典型项目的“S 曲线”。

最简单的 $S(t)$ 曲线是对称的, 并且在 $t_p/2$ 处单位时间变动成本达到最大值。为了使问题简单化, 假设该“S 曲线”在 $t = 0$ 和 $t = t_p$ 两点处于水平状态。如图 2 中的实线所示。

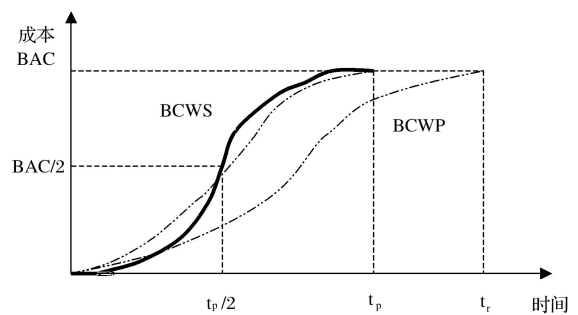


图 2 S 曲线

基于这种简单的项目预算, 构造 $S(t)$ 的一个传统的数学模型。

$$S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 \quad (2)$$

而且可知:

$$S(0) = 0 \quad S(t_p) = BAC \quad S'(0) = 0 \quad S'(t_p) = 0$$

解等式(2)可得:

$$a_0 = 0, a_1 = 0, a_2 = 3BAC / t_p^2, a_3 = -2BAC / t_p^3 \quad 0 < t < t_p$$

因此有:

$$S(t) = \frac{BAC}{t_p^2} (3t^2 - 2\frac{t^3}{t_p}) \quad 0 \leq t \leq t_p \quad (3)$$

(而且在 $t = t_p/2$ 处, $S'(t) = 0$)

对于挣值曲线 $p(t)$, 假设在实际中, 工程的进程和相应的挣值如计划一样是按照预算进行的, 只是进展的速度不同(一般慢一些)。这样将 $p(t)$ 构造成一个滞后的预算函数 $s(t)$:

$$\text{即, } P(t) = S(t_p / t_r * t) \quad 0 \leq t \leq t_p \quad (4)$$

(因为 $P(t_r) = S(t_p) = BAC$)

$$\text{因此 } P(t) = \frac{BAC}{t_r^2} (3t^2 - 2\frac{t^3}{t_r}) \quad 0 \leq t \leq t_p \quad (5)$$

t_r 是未知数
在 $t = t_0$ 处

$$S(t_0)/P(t_0) = \frac{BAC}{t_p^2} (3t_0^2 - 2\frac{t_0^3}{t_p}) / \frac{BAC}{t_r^2} (3t_0^2 - 2\frac{t_0^3}{t_r}) = \frac{t_r^3}{t_p^3} \cdot \frac{3t_p - 2t_0}{3t_r - 2t_0}$$

在 t_0 点将 BCWS 和 BCWP 作比较,则有:

$$SPI = BCWP(t_0)/BCWS(t_0) = P(t_0)/S(t_0)$$

$$\text{或者, } t_p^3/t_r^3 \cdot \frac{3t_r - 2t_0}{3t_p - 2t_0} = SPI$$

$$\text{即 } SPI(3t_p - 2t_0)t_r^3 - 3t_p^3t_r + 2t_p^3t_0 = 0 \quad (6)$$

通过该等式可以求出 t_r 的值。

2.2 例证说明

一个项目计划完成的总预算 $BAC = 1000000$ 元,计划持续时间 $t_p = 1$ 年。3 个月, $SPI = 0.8$ 。在直线的条件下,这意味着 $BCWS(0.25) = 250000$, $BCWP(0.25) = 200000$ 。由公式(1)可知 $SPI = t_p/t_r = 0.8$,得 $t_r = 1.25$ 。因此项目会延误 0.25 年即 3 个月。

但是,在假设的简单化了的对称 S 曲线情况下,根据公式(3)可得:

$$S(0.25) = \frac{1000000}{1} (3 \cdot 0.25^2 - 2 \cdot 0.25^3/1) = 156250$$

$$\text{从而有 } P(0.25) = SPI \cdot S(0.25) = 125000$$

进而可以从等式:

$$0.8(3 \cdot 1 - 2 \cdot 0.25)t_r^3 - 3 \cdot 1^3 \cdot t_r + 2 \cdot 1^3 \cdot 0.25 = 0 \text{ 可得,}$$

$$t_r \approx 1.131 \text{ 年}$$

因此,该项目的延后时间大约是基于直线假设所得延后时间的一半。

并且假设在极端情况, $t_0 = 0$ 时刻由公式(6):

$$2 \cdot 4 t_r^3 - 3 t_r = 0, \text{ 可得, } t_r = (1/0.8)^{1/2} = 1.118 \text{ 年}$$

从该例子可以得出这样的结论:这种 S 曲线条件下的 t_r 与直线假设条件下求出的结果是有很大的差别的。而且即使 SPI 是持续不变的,由于选择的 t_0 点的不同,所得到的 t_r 也会不一样。

这样,将直线模型用在 S 曲线的例子中,会过长估计项目的持续时间,这是由于假设挣值的发展趋势是慢于计划的结果。特别是在进行控制的时间点 t_0 很小的时候,这种夸大的现象尤为明显。因此在项

目早期阶段,管理人员很有可能会对项目的未来前景预测出大量的错误信息。

2.3 模型的进一步改进

由前面推导可知即使在 SPI 是连续不变的情况下, t_r 也会随着 t_0 的不同而改变。例如 $t_0 = 0.5$ 年, $SPI = 0.8$,得到 $t_r = 1.155$ 年。与先前预测得到的 1.131 年是不相同的。

在 $t_0 = 0.25$ 时进行项目观察、控制,可以预测把 $P(t)$ 曲线一直延续到 $t_r = 1.131$ 。但是在 $t_0 = 0.5$ 时,无法得到 $SPI = 0.8$ 。因为,

$$P(0.5) = \frac{1000000}{1} (3 \cdot 0.5^2 - 2 \cdot 0.5^3/1.131) \approx 413518.5$$

$$S(0.5) = \frac{1000000}{1} (3 \cdot 0.5^2 - 2 \cdot 0.5^3/1) = 500000$$

$$\text{因此可得 } SPI(0.5) = P(0.5)/S(0.5) = 0.827, \text{ 不是 } 0.8。$$

这意味着对 $P(t)$ 的特殊的 S 曲线假设是不实用的。在一个不合乎实际的模型下进行预测是不可靠的。

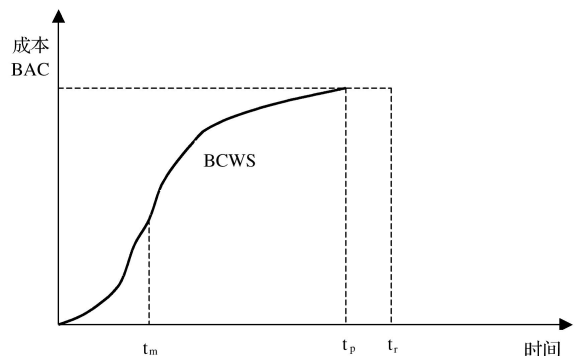


图 3 左倾的 S 曲线

实际上项目的预算曲线通常不是对称的,而是向左倾的。即项目的最大单位时间成本出现在 $t = t_m < t_p/2$ 处^[2]。因此图 3 能更好地说明现实情况。

在实际中,要制订详细的项目预算,把预算分解到每个工作包(分项工程),尽量分解到详细的实物工作量层次,为每个工作包建立总预算成本。第二步是将每一总预算成本分配到各工作包的整个工期中去。每期的成本计划依据各工作包的各分项目工作量进度计划来确定。当每一工作包所需完成的工程量分配到工期的每个区间,就能确定何时需用多少预算^[3]。即有 q 个区间,就在该区间工期末对应 q 个累计预算值。

建立已知量:时间 $t_1, t_2, \dots, t_q$ (即 t_p); 相应的

BCWS 值 $s_1, s_2, \dots, s_q$ (即 BAC)。

构造等式

$$S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \dots + a_n t^n \quad 0 \leq t \leq t_p$$

由图可知, $S(0) = 0$, 即 $a_0 = 0$ 。 $S(t_p) = BAC$ 也可以构成一个等式。通过 matlab 工具, 从而可以很好的拟合出预算曲线 BCWS 的等式 $S(t)$ 。

3 算例

比如修建一座大桥从 2002 年 1 月开始施工, 工期为 12 个月。在平常的成本控制中, 每两个月有一个检查点。计划预算成本和计划累计进度如下表所示(表中的百分数表示截止该月底该桥的累计完成程度)。

表 1 计划预算成本和计划累计进度表^[4]

名称	计划预算成本	2	4	6	8	10	12
某大桥	3 560 万元	15 %	25 %	45 %	70 %	90 %	100 %

4 月后, 工程实际进度百分比为 22.64 %。即 SPI 为 0.9。

构造 $S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$, 运用 MATLAB 拟和曲线的功能, 通过输入六个自变量和六个因变量值, 再加上 $S(0) = 0$, 可得:

$$a_0 = 0, a_1 = 524.2235, a_2 = -209.6051, a_3 = 47.9976, a_4 = -4.0665, a_5 = 0.1159$$

$$\text{即 } S(t) = 0.1159t^5 - 4.0665t^4 + 47.9976t^3 - 209.6051t^2 + 524.2235t$$

(不必将 $S(t)$ 设为更高阶的函数式, 因为将其设为六阶函数时, 最高阶系数约为零)

根据 $P(t) = S(t/t_r * t)$, 有

$$P(t) = 0.1159 \frac{t_p^5}{t_r^5} t^5 - 4.0665 \frac{t_p^4}{t_r^4} t^4 + 47.9976$$

$$\frac{t_p^3}{t_r^3} t^3 - 209.6051 \frac{t_p^2}{t_r^2} t^2 + 524.2235 \frac{t_p}{t_r} t$$

在 $t_0 = 1/3$ 处, $\frac{P(t_0)}{S(t_0)} = SPI = 0.9$ 。可得最终

结果 $t_r = 1.127656866115$

即该项目大概会延迟 1.53 个月。

4 结 语

挣值法在项目成本管理中很重要, 是项目成本控制中普遍运用的方法, 但是必须注意基于挣值法进行预测中隐含的假设。理论上讲, 函数曲线是无间断的、可以反映任意时点工程进展情况的完美曲线, 但实际应用中是难以实现的^[5]。本文提出根据项目具体的计划预算数据, 假设项目是按照预算进行, 并且处于进度绩效不变的情况下拟合 BCWS 曲线, 以进行较准确的预测。然而笔者在提出这种思路后, 认为还有以下方面值得研究: 考虑项目不是按照预算进行时需要考虑计划预算成本、挣值和实际成本三者之间更细致的差异, 因此需要将该计算模型加以修正。

参考文献

[1] DF CIOFFI. Completing projects according to plans: an earned-value improvement index[J]. The Operational Research Society, 2006(57).
[2] MR. JAN EVENSMO, DR. JAN TERJE KARLSEN. Earned Value Based Forecasts-Some Pitfalls[C]. AACE International Transactions, 2006.
[3] 张立, 姬升良, 侯卫, 唐俊勇. 挣值法在项目进度控制中的应用研究[J]. 沈阳大学学报, 2006(1).
[4] 祝雪峰. 项目成本管理及挣值法成本监控研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2005.
[5] 罗新星, 苗维华. 挣值法的理论基础和实际应用[J]. 中南大学学报, 2003(3).

Discuss on the Progress Forecast of Projects based on Earned Value Method

MA Rong, XU Li, ZHAO Shuang

(Economic & Management School, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract : By the theoretical study of Earned Value, the deficiency in the process forecast is pointed out based on Earned Value, namely to put forward the limitations of the implicit assumption in the “case of EV Forecast”. Therefore, the corresponding mathematical model is established in view of the process of projects under normal circumstances. The study in the paper provides an important reference for the cost control management on the use of EV method.

Key words : project management; earned value; cost control; linear assumption