

基于风险挣值的项目成本绩效评价方法研究

李 瑞^{*1,2}, 刘玉君^{1,2}, 张 帆^{1,2}, 汪 骥^{1,2}, 邓燕萍^{1,2}

(1. 大连理工大学 工业装备结构分析国家重点实验室, 辽宁 大连 116024;
2. 大连理工大学 船舶工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 挣值管理方法是有效的项目集成管理工具. 在进度挣值理论的基础上, 分析了挣值管理实际中的挣值分配问题, 说明了挣值分配问题是项目运行中的常见情况, 是原方法在成本绩效评价中产生保守估算结果的主要原因. 针对这一问题, 进一步提出了计划外挣值和风险挣值的概念, 对原挣值管理的成本绩效评价方法进行了修正. 比较分析显示, 修正后的方法在大部分生命周期内都给出了较原方法更为可靠的完工成本评价结果, 综合预测精度较原方法有了明显提高.

关键词: 挣值管理; 进度挣值; 风险挣值; 成本绩效评价
中图分类号: F272.5 **文献标志码:** A

0 引言

挣值管理 (earned value management, EVM) 是现代项目管理知识体系 (project management body of knowledge, PMBOK) 中重要的集成管理方法^[1]. 挣值管理方法的前身是美国提出的 C/SCSC(cost/schedule control system criteria), 主要用于大型军工项目研发的成本、进度控制. 挣值管理方法在其发布并被归结为项目管理方法后的 40 多年时间里, 被广泛地应用于高科技产品研制、大型建筑施工、复杂软件系统开发等各个领域, 得到了较为可靠的评价结果和预测精度, 成为了实现良好项目控制的有效工具.

近些年, 加速的经济全球化为国内外企业带来了更多的机遇和挑战, 也为专注于项目成本和工期控制的管理者提出了更高水平的管理要求. 在这样的条件下, 如何改进挣值管理方法, 进一步提高方法的评价和预报精度成为了项目管理学界研究的热点.

本文首先分析挣值管理方法在项目实际中产生的挣值分配问题, 通过提出风险挣值 (earned value of risk, EVR) 的概念, 对挣值管理方法作出进一步修正, 并在一大型工程建造项目的应用

中与原方法进行比较分析.

1 挣值管理方法的研究现状

挣值管理通过引入挣值变量, 建立了集成项目范围、进度和成本三方面要素的方法体系, 便于管理者阶段性评价项目绩效并预报项目完工状况, 为管理者对项目进行有效控制提供了决策依据.

表 1 是挣值分析中的常用变量^[2].

表 1 挣值管理中的变量
Tab. 1 The EVM variables

符号	意义	计算式
PV	计划值	
AC	实际值	
EV	挣值	
AD	实际工期	
CV	成本差异	$CV = EV - AC$
SV	进度差异	$SV = EV - PV$
CPI	成本绩效指数	$CPI = EV/AC$
SPI	进度绩效指数	$SPI = EV/PV$
BAC	完工计划成本	
PD	完工计划工期	
EAC	完工预测成本	$EAC = AC + BAC/CPI$
$EAC(t)$	完工预测工期	$EAC(t) = AD + PD/SPI$

收稿日期: 2009-01-15; 修回日期: 2011-01-10.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70671015).
作者简介: 李 瑞^{*} (1981-), 男, 博士, E-mail: lirui@dlut. edu. cn; 刘玉君 (1962-), 男, 教授, 博士生导师.

自 20 世纪 90 年代以来,国内外对挣值理论的研究主要集中在如下方面:

(1) 工期预报方面, Anbari 提出的 PVR (planned value rate) 方法^[3]、Jacob 提出的 ED (earned duration) 方法^[4]以及 Lipke 提出的 ES (earned schedule) 方法^[5]都修正了挣值管理方法在项目接近完工时对工期预报的较大误差。

(2) 成本预报方面, Christensen 提出了完工成本分段估算的思想^[6], 对原方法较为保守的估算结果进行了修正, 并在大量数据的统计分析中得出了有关 CPI 稳定性的多个结论^[7]。

(3) 其他方面, Vanhoucke 围绕项目网络结构与方法预报精度的关系做了探讨^[8], Cioffi 对方法的记号规则做了改进^[9], Kim 等建立了挣值管理的应用模型^[10], 戚安邦建立了多要素挣值分析的模型并提出了质量挣值的概念^[11]。

2 进度挣值和生产实际中的挣值分配问题

2.1 进度挣值(earned schedule)

在实际应用中, 挣值管理方法的主要缺陷之一, 在于项目接近完工时的工期预报上。尤其对于延期完工的项目, 方法无一例外地仍能给出按期完工 ($SV=0, SPI=1$) 的预报结果, 与工程实际不符。为解决这一问题, 国内外学者做了大量的研究工作^[12]。其中, Lipke 提出的进度挣值方法在众多比较分析的讨论中给出了更为可靠的绩效评价, 一定程度上得到了众多管理者和学者的认可。

进度挣值是一个时间变量, 用来定义已完成工作量的计划工期。这一概念的引入, 改变了挣值理论用货币单位计量项目进度的方法, 改进了挣值理论在项目工期预报上的精度, 同时增强了挣值理论在实际应用中的操作性。

进度挣值(ES)的定义和计算方法如图 1 所示。

基于进度挣值概念定义的进度差异和进度绩效指数如下所示:

$$SV(t) = ES - AT \quad (1)$$

$$SPI(t) = ES/AT \quad (2)$$

其中 AT 为评估时间点。

2.2 挣值在项目活动中的分配

在项目的计划阶段, 项目管理者尽可能细致、精确地制定工作分解结构 (work breakdown

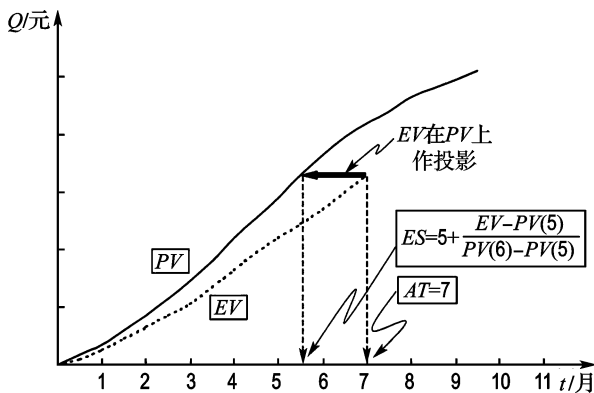


图 1 进度挣值的定义和计算

Fig. 1 Definition and calculation of earned schedule

structure, WBS) 中各项活动的预算和工期, 在一定程度上实现了对项目风险的控制。然而, 在项目的实际运行中, 受各种资源条件的约束, 项目活动往往不能完全按照计划进行, 管理者对于工序先后和资源分配的调整时有发生。

在现代项目管理的实践中, 计划阶段更能够真正体现管理的高水平, 因为项目实施中任何计划外的调整都可能构成对项目成本和进度的风险。这样的风险不仅存在于相关活动的主体, 更深一层的, 是变更的资源分配计划对后续活动产生的不利影响。比如, 一些关键路径上的活动因为资源使用上的冲突只能延期开工, 而一些次级路径上的活动为尽快释放关键路径上的活动资源, 不得不加快进度, 却带来了返工的风险。这些都是项目运行中的常见情况, 也是直接导致项目开支增加、工期延长的主要原因。

但应用挣值管理的项目对于这样的常见情况并不敏感, 原因在于挣值管理方法直接的管理对象是“值”, 并不是生产过程。对比下面的两个例子可以更具体地解释这一问题。

图 2 是挣值管理方法对两个相同的项目进行到 AT 时间点处的描述, 深色部分代表各项活动的完成情况(挣值)。研究假设, 二者在 AT 时间点处得到了相同的挣值和进度挣值。

由图 2 可见, 两个项目中对对应各项活动的完成情况(挣值)存在着较大差异。其中图 2(a)所示项目的大部分活动都被安排在了计划外执行, 是本文在前面提到的情况。相比图 2(b)所示项目, 这个项目某种程度上存在着后续活动停工、返工的风险, 绩效并不理想。然而, 挣值管理对于图

2(a)所示项目在 AT 时间点处的绩效评价,仍能给出与图 2(b)相同的估算结果,并不会体现出这

一差别. 在研究中,本文把挣值理论的这一问题称之为挣值分配问题.

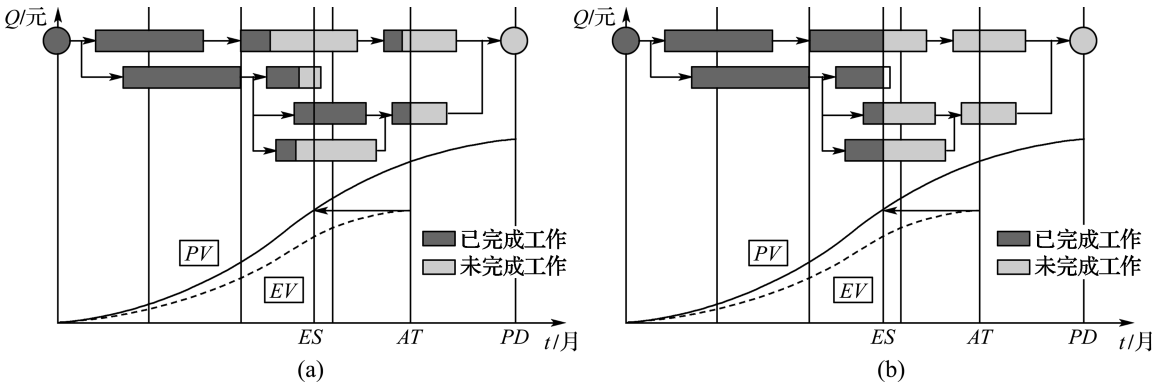


图 2 挣值分配问题

Fig. 2 The distribution problem of EV

3 风险挣值

3.1 风险挣值的定义

从分析中可以得出,实际工程中挣值分配的问题是普遍存在的. 挣值的分配过程,伴随着管理者对项目的控制同步进行,挣值的不合理分配构成了对项目整体成本和进度的风险,其中更有一部分挣值受资源约束的影响并非完全“挣得”,在挣值统计中应予以修正,这一部分需要修正的挣值本文将其定义为风险挣值,其更为具体的定义和表达式如下.

首先,在进度挣值概念的基础上,对于项目活动发生在 ES 时间线前后的挣值分别定义为计划挣值 EV_p (planned earned value) 和计划外挣值 EV_u (unexpected earned value).

$$EV = EV_p + EV_u \tag{3}$$

对于计划挣值 EV_p 的计算,本文引入了比例系数

$$p = \frac{\sum EV_i}{\sum PV_i} \times 100\% \tag{4}$$

其中 i 为对应 ES 时间线之前的项目活动编号. 于是有

$$EV_p = EV \times p \tag{5}$$

$$EV_u = EV \times (1 - p) \tag{6}$$

在定义中, EV_u 即是项目受资源约束限制,受迫调整计划而产生的计划外挣值(如图 3 所示).

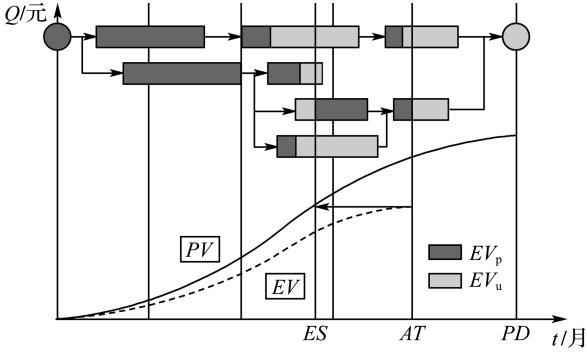


图 3 计划挣值与计划外挣值

Fig. 3 Planned EV and unexpected EV

风险挣值的概念定义在计划外挣值的概念下,是计划外挣值中对项目下一步或完工绩效指标产生不利影响的一部分. 风险挣值可以表达为

$$EV_r = EV_u \times r = EV \times \left(1 - \frac{\sum EV_i}{\sum PV_i}\right) \times r \tag{7}$$

其中 r 为项目的风险挣值比例系数, $r \in (0, 1)$.

项目的风险挣值比例系数 r 即为计划外挣值中风险挣值所占的比例,这一比例在项目执行过程中并非定值. 一般地,风险挣值比例系数在开工初期以及接近完工阶段值相对稳定且趋于 0,在项目执行中段特别有计划调整情况下会随之增加,且随项目执行与计划偏离程度的增大而增大(如图 4). 在实际应用中,这一比例系数可以在考虑项目详细绩效指标的前提下通过 Delphi 法或专家评分法选取,也可以在大量生产管理数据中

通过统计模型获得.

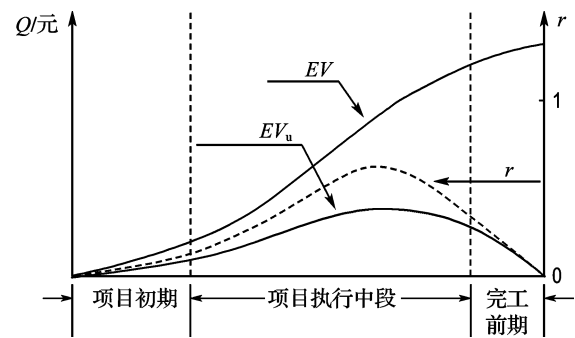


图 4 项目生命周期上的风险挣值比例系数

Fig. 4 The curve of r during project execution

经过上述讨论,挣值的表达式可以修正为

$$EV' = EV - EV_r =$$
$$EV \times \left[1 - \left(1 - \frac{\sum EV_i}{\sum PV_i} \right) \times r \right] \quad (8)$$

表 2 布鲁塞尔机场建设某子项目基础数据

Tab. 2 Detailed information for airport systems in Brussels

时间	AD/月	PV/10 ³ €	AC/10 ³ €	EV/10 ³ €	ES/月	CV/10 ³ €	SV(t)/月
2003-09	1	375	344	325	0.87	-19	-0.13
2003-10	2	525	452	427	1.35	-25	-0.65
2003-11	3	850	796	735	2.65	-61	-0.35
2003-12	4	1 355	1 056	1 025	3.35	-31	-0.65
2004-01	5	1 768	1 562	1 453	4.24	-109	-0.76
2004-02	6	2 125	1 922	1 774	5.02	-148	-0.98
2004-03	7	2 452	2 256	2 024	5.72	-232	-1.28
2004-04	8	2 625	2 451	2 190	6.20	-261	-1.80
2004-05	9	2 875	2 676	2 356	6.71	-320	-2.29
2004-06	10	2 875	2 925	2 565	7.65	-360	-2.35
2004-07	11	2 875	3 138	2 735	8.44	-403	-2.56
2004-08	12	2 875	3 247	2 875	9.00	-375	-3.00

结合上面所掌握的项目管理数据,分别选取传统挣值管理方法和经风险挣值修正后的挣值管理方法进行了绩效评估(如表 3 所示).在风险挣值计算中,比例系数 p 是已知参数,其统计结果也说明了工程中的挣值分配问题.对于项目初期,同时进行的项目活动以及资源分配的调整较多,决定了系数 p 较小的取值范围.随着项目的进行,特别在多数活动接近完工的情况下,管理中计划外的调整相应减少, p 值增加的趋势比较明显.对于风险挣值比例系数,本文根据前一节的分析结

相应地,进度挣值 ES 的计算应在修正的挣值统计数据上进行.对于修正的挣值管理方法体系及工程中绩效评价的比较分析结果将在下一节详细介绍.

3.2 修正的挣值管理方法

本文把上面的几个概念进行了实例化,并与传统挣值理论得到的评价结果进行了比较分析.实例选取为挣值管理研究中普遍讨论的布鲁塞尔机场建设项目的一个子项目.

该项目计划工期为 9 个月,预算 287.5 万欧元;项目完工时超出工期 4 个月,成本超支 13%.项目在计划以及工程实施阶段各月的成本、进度数据见表 2,经传统挣值管理方法计算所得挣值、进度挣值数据以及工程的成本、进度偏差指标也在表中一一列出.

论,在该项目初期(2003-09 ~ 2003-11)和完工前期(2004-06 ~ 2004-08) 取为 0.20,项目执行中段(2003-12 ~ 2004-05) 取为 0.50.计算结果显示,经过修正的 CPI 和 EV 都较修正前有所减小,风险挣值增幅最大时接近挣值增幅的 10%.在结果的比较分析中,本文选取完工预测成本 EAC 的准确度作为两种方法的评价依据.两种方法对于完工预测成本 EAC 的计算均采用如下公式:

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI} \quad (9)$$

表 3 修正前后的项目成本的计算结果

Tab. 3 Original and revised evaluation results on project cost

时间	传统挣值方法		修正后的挣值方法					
	<i>CPI</i>	<i>EAC</i> /10 ³ €	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>EV_r</i> /10 ³ €	<i>EV'</i> /10 ³ €	<i>CPI'</i>	<i>EAC'</i> /10 ³ €
2003-09	0.945	3 043	0.930	0.20	5	320	0.931	3 086
2003-10	0.945	3 043	0.915	0.20	7	420	0.929	3 096
2003-11	0.923	3 114	0.963	0.20	5	730	0.917	3 137
2003-12	0.971	2 962	0.962	0.50	19	1 006	0.952	3 019
2004-01	0.930	3 091	0.939	0.50	44	1 409	0.902	3 188
2004-02	0.923	3 115	0.957	0.50	38	1 736	0.903	3 183
2004-03	0.897	3 205	0.975	0.50	25	1 999	0.886	3 245
2004-04	0.894	3 218	0.970	0.50	33	2 157	0.880	3 266
2004-05	0.880	3 265	0.975	0.50	29	2 327	0.870	3 306
2004-06	0.877	3 279	0.984	0.20	8	2 557	0.874	3 289
2004-07	0.872	3 299	0.994	0.20	3	2 732	0.871	3 302
2004-08	0.885	3 247	1.000	0.20	0	2 875	0.885	3 247

图 5 比较了修正前后完工成本的估算结果，比较结果显示，经过修正的方法在项目的大部分生命周期内(2003-09~2004-04)都给出了较原方法更可靠的评价结果，平均预测精度较原来提高了 2%。

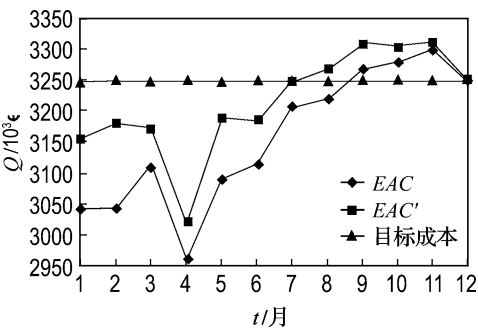


图 5 完工成本估算结果比较

挣值的不合理分配是制约项目成本进度指标的原因之一，风险挣值可以在项目的绩效评价中合理地识别这一问题。本文在对修正前后两种方法的比较分析中发现：在项目的生命周期内，前期和中期的计划变动多，风险较大，应用风险挣值对项目进行绩效评价效果明显；在项目接近完工时，计划外的调整少，风险低，可以考虑不进行修正。

参考文献：

[1] Project Management Institute. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge** [M]. Newtown Square:PMI Standard Committee, 2000

[2] Department of Defense. **Earned Value Management Implementation Guide** [M]. Washington D C: Department of Defense, 1997

[3] ANBARI F R. Earned value project management methods and extensions [J]. **Project Management Journal**, 2003, 34(4):12-23

[4] JACOB D. Forecasting project schedule completion with earned value metrics [J]. **The Measurable News**, 2003(3):1,7,9

[5] LIPKE W. Schedule is different [J]. **The Measurable News**, 2003(3):31-34

[6] CHRISTENSEN D S. EAC evaluation methods; do

4 结 语

本文在对挣值理论应用的分析中提出了挣值的分配问题，并通过引入计划外挣值和风险挣值的概念，对原挣值理论进行了修正。修正结果显示基于风险挣值的挣值管理方法给出了更为可靠的项目成本和进度的绩效评价，特别对于原挣值理论偏于保守的成本估算结果作出了有效的修正。

they still work [J]. **Acquisition Review Quarterly**, 2002, **9**:105-116

[7] CHRISTENSEN D S. Cost performance index stability:fact or fiction [J]. **Journal of Parametrics**, 1992, **10**:27-40

[8] VANHOUCKE M, VANDEVOORDE S. A simulation and evaluation of earned value metrics to forecast the project duration [R]. Belgium: Ghent University, 2005

[9] CIOFFI D F. Designing project management: A scientific notation and an improved formalism for earned value calculations [J]. **International Journal of Project Management**, 2006, **24**(2):136-144

[10] KIM Eun-hong, WELLS W G JR, DUFFEY M R. A model for effective implementation of earned value management methodology [J]. **International Journal of Project Management**, 2003, **21**(5):375-382

[11] 戚安邦. 多要素项目集成管理方法研究[J]. 南开管理评论, 2002, **5**(6):70-75

[12] VANHOUCKE S, VANHOUCKE M. A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics [J]. **International Journal of Project Management**, 2006, **24**(4):289-302

Research on project cost performance
evaluation method using earned value of risk

LI Rui^{* 1,2}, LIU Yu-jun^{1,2}, ZHANG Fan^{1,2}, WANG Ji^{1,2}, DENG Yan-ping^{1,2}

(1.State Key Laboratory of Structural Analysis for Industrial Equipment, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;
2.Department of Naval Architecture, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Earned value management method is an effective tool of project integrated management. Based on the theory of earned schedule, the problem of earned value distribution is discussed. The problem, which commonly happens during the implementation, is a main reason causing the conservative evaluation results by means of the original method. To solve the problem, the concepts of unexpected earned value and earned value of risk are defined, and the cost performance evaluation method of project is revised. By using the revised method, a more reliable evaluation result of complete cost is proposed in the most life cycles, and the overall forecast accuracy is improved.

Key words: earned value management; earned schedule; earned value of risk; cost performance evaluation