

## 工程專案EVM應用研究

Quen-Yaw Sheen (沈坤耀)\*, Chin-Cheng Ho (何志勤)<sup>1</sup>\* Department of Information Management, Lingtung Technology University  
No.1, Lingtung Rd., Taichung City, Taiwan, Republic of China<sup>1</sup> Department of Industrial Engineering and Management, Chienkuo Technology University  
No.1, Chieh-Shou N. Rd., Changhua City, Taiwan, Republic of China

\* Corresponding author. Email: qysheen@mail.ltu.edu.tw, TEL:(04)23892088ext.3732

**摘要：**實現值管理 (EVM; Earned Value Management) [1] 能夠檢視專案當前階段的執行情況，提供預算與進度計畫之間可能出現的偏差，並藉以進行早期預警，讓專案經理能夠迅速採取恰當的措施排除出現的異常情況，並對專案後續完工的進度和預算，提供科學的量化估計，是近代工程產品要求上市時間和預算的控制重要工具。本文通過實現值分析在工程專案管理中的案例應用，藉由兩種不同EV值的狀況結果，利用計畫網路圖關鍵路徑管理分析結果，來探討其中的差異，說明實現值分析方法的重要前提和程序。

**關鍵字：**專案管理、實現值分析、關鍵路徑、成本績效。

## 1. 實現值管理簡介

實現值管理 (EVM; Earned Value Management) 是一成熟有效的專案管理技術，實現值分析方法是一種綜合的量化分析方法，可以針對專案的三大限制：範圍、進度與成本進行綜合的評價，並對專案執行狀態進行量化分析，是專案的執行控制和績效考核的有效方法，正確應用實現值管理就能實現對專案的量化管理 [2]。

實現值分析是在對範圍、進度和成本進行綜合測量的基礎上評價專案績效的一種方法。它涉及每項工作的3個基本參數 [3]：

## 1.1 實現值方法的3個基本參數

(1). 計畫值 (PV; Planned Value) (又稱 BCWS; Budgeted Cost for Work Scheduled)。

PV代表計畫工作量的預算成本：在計畫的時間內，所需完成工作所獲得批准的花費估算成本。

(2). 實際成本 (AC; Actual Cost) (又稱 ACWP; Actual Cost for Work Performed)

AC代表已完成工作量的實際成本：在規定時間內，完成工作所花費的實際成本 (直接和間接成本的總額)。

(3). 實現值 (EV; Earned Value) (又稱 BCWP—Budgeted Cost for Work Performed)

EV是實際完成工作的估算成本值，代表在規定的時間內已完工項目的預算成本。

實現值分析利用這三個基本參數的綜合使用，可以提供評價工作績效好壞的尺度與指標。最常用的尺度與指標是：

## 1.2 實現值法的四個評價指標

(1). 成本變異 (CV; Cost Variance)

是指在檢視期間實現值EV與實際花費AC之間的差異，計算公式為： $CV=EV-AC$ ；

當CV為正值時，表示實際消耗人工 (或成本) 低於預算值，即有節餘或效率高。

(2). 成本績效指標 (CPI; Cost Performed Index)

CPI是指在檢視期間EV與AC之比。計算公式為： $CPI=EV/AC$ ；

當CPI>1，即實際成本低於預算成本，代表執行效益佳。

(3). 進度變異 (SV; Schedule Variance)

SV是指專案在檢視階段EV與PV之間的差異。計算公式為： $SV=EV-PV$ ；當SV為正值時，表示進度提前。

(4). 進度績效指標 (SPI; Schedule Performed Index)

SPI是指專案在檢視階段實現值與計畫值之比，計算公式為： $SPI=EV/PV$ ；

當SPI>1，表示進度提前，即實際進度比計畫進度快。

## 1.3 實現值法的專案趨勢預測參數和指標

根據實現值法的四個評價指標，實現值分析不但可以評估專案現階段的執行績效，還可以預測專案的未來發展變化趨勢，這將為專案管理與控制指出決策和管理的方向。

(1). 專案總預算 (BAC; Budget At Completion)

BAC是指專案的全案總預算，代表執行專案的總成本。

(2). 估計完工尚需預算 (ETC; Estimate To Completion)

ETC是指專案經成本績效指標分析後，估計要完成剩餘專案工作的預算需求估計值。

(3). 估計完工總預算 (EAC; Estimate At Completion)

EAC是指檢視現況後根據所得知的專案成本績效指標，完工總預算的估計值，依據專案的不同情況，EAC的計算公式為： $EAC = BAC / CPI$ ；

此時的估計完工尚需預算ETC的計算公式為： $ETC = EAC - AC$

(4). 估計完工總工期 (ETAC; Estimate Time At Completion)

ETAC是指利用所獲得的進度績效指標SPI，進行完工期的估計。ETAC的計算公式為： $ETAC = \text{專案工期} / SPI$

(5). 總成本變異 (VAC; Variance At Completion)

就是專案總預算 (BAC) 和估計完工總預算 (EAC) 的差異。VAC的計算公式為： $VAC = BAC - EAC$

當VAC為正值時，表示專案總預算執行效果佳，實際完工總成本低於預算值，即全案有節餘。

2. 實現值分析應用案例

2.1 實現值管理應用案由

小沈和老周都是安心機械工程公司專案經理，老周來公司已經多年，非常有專案管理的實務經驗，並在2004年獲得PMP (Project Management Professional) 證書。小沈大學航空系畢業來公司也已三年，一直跟著老周這資深的專案經理執行工程專案。

有一天公司總經理要小沈負責一個飛機型架裝修工程專案。小沈異常興奮，接著開始研究合約條款，在老周指導下，進行專案的範圍確定、擬定WBS、定義活動、活動排序、計畫進度、資源計畫、成本估算、編制預算和採購計畫等等，在老周的幫助下，經過多次修改，專案計畫終於被老總批准執行了。

2.2 實現值管理應用專案計畫

專案由11個活動組成，總工期為16天，總預算成本為32萬。

依照專案活動排序，擬定專案活動工期預算表如表一：

表一：飛機型架裝修專案活動工期預算表

No.	活動 (Activity)	前置活動	工期 (天)	預算 (萬元)
1	A		2	2
2	B	1	4	4
3	C	2	4	4
4	D	1	2	2
5	E	4	4	4
6	F	3,5	4	4
7	G	1	2	4

8	H	7	2	2
9	I	8	2	2
10	J	5,8	2	2
11	K	6,9,10	2	2

依照表一 (專案活動工期預算表)，擬定專案計畫網路圖表 [3] 如圖1：

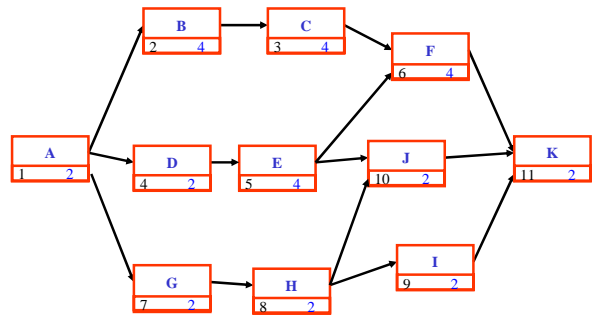


圖1：型架裝修工程專案PDM網路圖

依照表一 (專案活動工期預算表) 和圖1 (專案PDM網路圖)，擬定專案預算基準計畫表如表二：

表二：預算基準計畫 (最早開始時間)

活動	預算	專案時程 (天)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 A	2	1	1														
2 B	4			1	1	1	1										
3 C	4						1	1	1	1							
4 D	2			1	1												
5 E	4					1	1	1	1								
6 F	4										1	1	1	1			
7 G	4			2	2												
8 H	2					1	1										
9 I	2							1	1								
10 J	2									1	1						
11 K	2															1	1
計畫值 (萬)		1	2	6	10	13	16	19	22	24	26	27	28	29	30	31	32

2.3 專案計畫現況

專案核准後，型架工程專案正式開始。6天過去了，專案實際花費AC=6萬，總經理要求小沈提交工程績效分析報告。參考預算基準計畫（表二），按計劃6天工期除了應該要完成活動5的一半工作以外，還須完成1、2、4、7、8等五項活動，預算計畫值合計為PV=16萬，檢視已完成的活動項目，本文以下列二種狀況分析：

狀況A：PV=16萬、AC=6萬、經過統計實際完成了活動1、2、4、7、8，EV=14萬；

狀況B：PV=16萬、AC=6萬、經過統計實際完成了活動1、2、4，EV=8萬。

2.4 專案計畫實現值分析

針對上述專案現況，根據已知狀況A進行實現值分析，可得到結果並說明如表三：

表三：實現值分析表（狀況A：PV=16萬，AC=6萬，EV=14萬）

實現值計算結果	結果分析與評估
1 成本變異CV=EV-AC=8 (萬) > 0	成本績效好，只用6萬就完成14萬價值的工作。
2 成本績效指標CPI=EV/AC=7/3=2.33 > 1	成本績效好，用1獲得2.33的價值。
3 進度變異SV=EV-PV= - 2 (萬) < 0	進度績效差，落後2 (萬) 價值的進度。
4 進度績效指標SPI=EV/PV=7/8= 0.875 < 1	進度績效差，完工率只有0.875。
5 EAC=BAC/CPI=32 / (7/3) EAC=13.7 (萬)	以現在的成本績效 (CPI=2.33) 來估計完工總預算。
6 ETC=EAC-AC=7.7 (萬)	根據上述估計完工總預算來執行後續計畫，則到結案尚需7.7 (萬)。
7 VAC=BAC-EAC=18.3 (萬)	以現在的成本績效 (CPI=2.33) 來執行後續專案，估計完工總預算可結餘18.3 (萬)。
8 ETAC=16/SPI=16/ (7/8) =18.3天	以現在的進度績效 (SPI=0.875) 來執行後續專案，估計完工總工期18.3天。

狀況B進行實現值分析，可得到結果並說明如表四：

表四：實現值分析表（狀況B：PV=16萬、AC=6萬，EV=8）

實現值計算結果	結果分析與評估
1 成本變異CV=EV-AC=2 (萬) > 0	成本績效好，只用6萬就完成8萬價值的工作。

2 成本績效指標CPI=EV/AC=1.33 > 1	成本績效好，用1獲得1.33的價值。
3 進度變異SV=EV-PV= -8 (萬)	進度績效差，落後8 (萬) 價值的進度。
4 進度績效指標SPI=EV/PV=0.5	完工率=0.5。
5 EAC=BAC/CPI=32 / (4/3) EAC=24 (萬)	以現在的成本績效 (CPI=1.33) 來估計完工總預算。
6 ETC=EAC-AC=18 (萬)	根據上述估計完工總預算來執行後續計畫，則到結案尚需18 (萬)。
7 VAC=BAC-EAC=8 (萬)	以現在的成本績效 (CPI=1.33) 來執行後續專案，估計完工總預算可結餘8 (萬)。
8 ETAC=16/SPI=16/ 0.5=32天	以現在的進度績效 (SPI=0.5) 來執行後續專案，估計完工總工期將是32天。

根據表三和表四比較實現值分析的結果，可得到狀況A和B實現值分析比較表，如表五：

表五：狀況A和B實現值分析比較表

	狀況A實現值計算結果	狀況B實現值計算結果	狀況B比A
1	成本變異CV=EV-AC=8 (萬) > 0	成本變異CV=EV-AC=2 (萬) > 0	2 < 8 差
2	成本績效指標CPI=EV/AC=7/3 =2.33 > 1	成本績效指標CPI=EV/AC=4/3=1.33 > 1	1.33 < 2.33 差
3	進度變異SV=EV-PV= - 2 (萬) < 0	進度變異SV=EV-PV= -8 (萬)	-8 < -2 差
4	進度績效指標SPI=EV/PV=7/8= 0.875 < 1	進度績效指標SPI=EV/PV=0.5	0.5 < 0.875 差
5	EAC=BAC/CPI=32 / (7/3) EAC=13.7 (萬)	EAC=BAC/CPI=32 / (4/3) EAC=24 (萬)	24 > 13.7 差
6	ETC=EAC-AC=7.7 (萬)	ETC=EAC-AC=18 (萬)	18 > 7.7 ; 差
7	VAC=BAC-EAC=18.3 (萬)	VAC=BAC-EAC=8 (萬)	8 < 18.3 ; 差
8	ETAC=16/SPI=18.3天	ETAC=16/SPI=16/0.5=32天	32 > 18.3 ; 差

3. 實現值分析的評論

3.1 建立專案管理網路圖

關鍵路線法 (Critical Path Method, 簡稱 CPM) 和計畫評審技術 (Program Evaluation and Review Technique, 簡稱 PERT) [4] 都是 1950 年代後期幾乎同時出現的兩種計畫方法。CPM 或 PERT 就是用網路圖來表達專案中各項活動的時程和它們之間的相互關係，並在此基礎上，進行網路分析，計算網路中各項時間，確定關鍵活動與關鍵路線，利用時差 (寬裕時間) 不斷地調整與優化網路，以求得最短週期。然後，還可將成本與資源問題考慮進去，以求得綜合優化的專案計畫方案。因這兩種方法都是通過網路圖和相應的計算來反映整個專案的全貌，所以又叫做網路計畫技術。

最常使用的網狀圖方法是用盒型圖表示的盒型網路圖 PDM (Precedence Diagramming Method; 或稱為 AIB: Activity-In-the-Box), PDM 使用盒子描述工程活動和箭線連結盒子來描繪活動間的從屬性。

依據活動預算表中的活動相關次序，參考圖一和表一，進行網路分析，繪製網路圖如圖 2: [3]

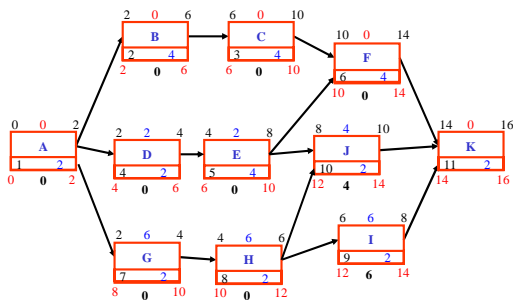


圖 2：型架裝修工程專案 PDM 網路圖

3.2 專案網路圖關鍵路徑的分析

依據圖 2 所示，本專案的關鍵路徑是活動 1A、2B、3C、6F 和 11K 等 5 個活動，全案總工期是 16 天。根據狀況 A 和 B 的狀況，可以用 PDM 繪製狀況 A 後續網路圖如圖 3:

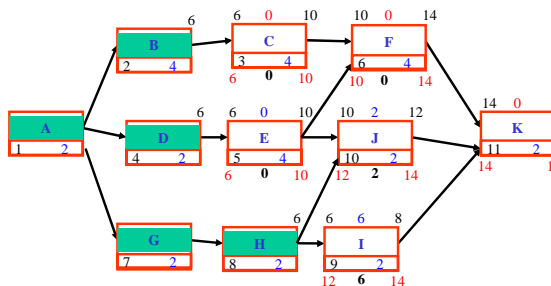


圖 3：型架裝修工程專案 PDM 狀況 A 後續網路圖 (進度控制) 和狀況 B 後續網路圖如圖 4:

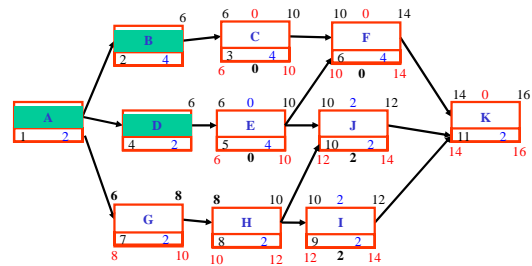


圖 4：型架裝修工程專案 PDM 狀況 B 後續網路圖 (進度控制)

分析狀況 A 後續網路圖 (圖 3) 和狀況 B 後續網路圖 (圖 4)，可知結果並和實現值分析所得結果比較如表六:

表六：狀況 A 和 B 後續網路圖分析與實現值分析結果比較表

項次	項目	狀況 A		狀況 B	
		實現值分析結果	網路圖分析結果	實現值分析結果	網路圖分析結果
1	E	*13.7 (萬)	**24 (萬)	*24 (萬)	**30 (萬)
	A	**24 (萬)		**30 (萬)	
	C				
2	E	*7.7 (萬)	**18 (萬)	*18 (萬)	**24 (萬)
	T	**18 (萬)		**24 (萬)	
3	V	*18.3 (萬)	0	*8 (萬)	0
	A				
4	E	18.3 天	16 天	32 天	16 天
	T				
*以實現值分析的成本績效來分析。 **以原來的計畫預算 (或總預算) 來分析。					

依據表六所示我們可以獲得以下二個結果:

- (1). 預算：如果不計實現值分析的成本績效指標，而仍以原來的計畫預算 (或總預算) 來預估後續專案工作的成本，不論 EAC、ETC、或 VAC 都和網路圖分析結果一致。
- (2). 時程：時程的預估必須以網路圖的關鍵路徑管理來分析，才能獲得正確的結果，若使用實現值分析來預估專案時程的趨勢，必須確認關鍵

路徑上的活動均按計畫時程執行，才能得到合理的預估專案時程。

#### 4. 結論

通過上述分析可以看出，為了能夠使用實現值方法管理專案的績效，需要一定的前提：

- (1). 要有專案計畫和對專案實際進展的跟蹤。
- (2). 在專案成本控制中，必需保存專案實施過程中發生的有關專案成本和進度兩個方面的累計資料〔4〕。
- (3). 專案的不確定性較高時，實際專案成本的發展變化會很快背離做出的預測，所以這種預測方法多數適用於專案的預期情況不會發生很大變化的情況。

如果沒有這些前提條件，實現值方法也是沒法使用的。

- (4). 除了用實現值方法查看專案活動的完成情況外，對於其他重要的專案管理指標仍然要根據需要進行管理，例如專案進度控制必須配合 PERT 網路圖分析，才能正確的去預測專案未來進度的發展變化趨勢和結果。
- (5). 在專案的成本控制過程，利用實現值分析去預測專案未來成本的發展變化趨勢和結果，對於專案成本控制是非常有價值的。

#### 5. 參考文獻

- [1] PMI, “Exposure Draft Practice Standard For EVM 4-04”, 2004。
- [2] PMI, “PMBOK3rd : Project Management Body of Knowledge”, 2004。
- [3] Clements & Gido, “Effective Project Management”, 2006.
- [4] Kathy Schwalbe, “Information Technology Project Management”, 3e, 2004.