

大學用書

最新
計劃評核術與管理應用

陳美仁著



大學用書

最新
計劃評核術與管理應用

興業圖書股份有限公司印行

256
中華民國六十一年二月初版

版權所有翻印必究※

著者：陳美仁

發行者：王志康

出版者：中華出版社

臺南市勝利路一八號

郵政劃撥：南字三一五七三號

經銷者：臺灣各大書局

承印者：泰成印刷廠

臺南市永福路113號

定價：新臺幣五十元

內政部登記內版營業字第1139號



目 錄

第一章 緒 論

- 一、引言..... 1
- 二、PERT 之發展淵源與背景 1
- 三、PERT 之發展歷史與趨勢 3

第二章 PERT 之基本概念

- 一、PERT 之意義11
- 二、CPM 與 PERT12
- 三、網絡圖 (Network)12
- 四、關鍵要徑路線 (Critical Path)13
- 五、PERT 之運用程序14

第三章 PERT 網絡圖之分析與繪製

- 一、PERT 網絡圖之演進17
- 二、PERT 網絡圖之類型21
- 三、基本名詞 (Basic Terms)23
- 四、網絡圖之繪製原則.....25
- 五、網絡圖之表示方法.....30
- 六、網絡圖之繪製.....44
- 七、結點作業網絡法.....55
(Activity-On-Node Networking System)
- 八、事件定向網絡法.....56
(Event-Oriented Networking System)

第四章 網絡圖之時間估計與基本運算

一、作業時間之估計.....	58
二、網絡圖之時間計算.....	62
三、網絡順算時序法.....	63
四、網絡逆算時序法.....	69
五、網絡作業之寬裕時間 (Float or Slack)	75
六、網絡圖之時間標誌.....	85
七、結點作業網絡法之時間標示.....	92
八、事件定向網絡法之時間標示.....	99

第五章 網絡圖時刻之矩陣運算與電腦操作

一、網圖時刻之矩陣運算 (Matrix Calculation)	107
二、網絡時刻之表格計算 (Tabular Calculation)	118
三、網絡時刻之電腦操算 (Computer Calculation)	125

第一章 緒 論

一、引言

近十年來，由於工商企業之高度發展，其經營管理之技術與方法亦日新月異，突飛猛進，形成專學。其管理之着眼，已由局部之有效性（Efficiency）推擴至整體目標效果性（Effectiveness）之管理科學（Management Science）時代，其主要特點，乃係有效應用決策程序（Decision Process）之法則，以期對於企業之整體目標（Common goal）與企業之有限資源作一最佳之規劃與調配。

自第二次世界大戰後，生產科學之進步，一日千里，更促成專業化（Specialization）之趨勢，但由於企業生產規模之日漸擴大，生產程序之日益複雜，其專業化之結果，雖可增進提高個別部門之最佳效率，但作業之分工細密，若無週詳之規劃（Routine）與充分之協調（Coordination），往往可能由於着重本位工作局部目標之有效成完而忽略其達成整體目標之最佳途徑。故欲期企業整體目標之有效達成，其基本理論係應着重於整體組織制度之綜合思考，積極掌握住各部門組合間之相互作用與其關聯性，預測未來之若干變動因素之情勢，而予以有效之規劃與控制，此為今日計劃管理科學（Project Management Science）之主要特色！計劃評核術（PERT-Program Evaluation and Review Technique）即為其一最佳例案。

二、PERT 之發展淵源與背景

本世紀以來，久為世人所普遍採用之甘氏線條圖（Gantt's Bar

Chart)及里程碑示序圖(Milestone Chart)對於計劃之控制與管理，誠然發揮其極大之貢獻與價值，但由於該類進度表所列示者，僅為其每項作業之時間進度，至於整體計劃中之各個作業因素間之相互關係，甚至足以影響整體計劃之主要關鍵瓶頸(Bottleneck)何在等均無法表示，故對於整體計劃之綜合控制與管理乃無法勝任而須改善。故進而綜合運用平衡流程圖(LOB Chart; Line-of-Balance Chart)及網絡圖解分析(Network Diagram Analysis)，致有要徑法(CPM-Critical Path Method)與計劃評核術之興起與發展！

美國杜邦(Du Pont)化學公司首於1952年時代，即注意到數學家在網絡分析(Network Analysis)計算上之成就，認為可引用至工作方案之規劃與控制之管理功用，於1955年11月，該公司之專家費雪(G.J. Fisher)已有要徑路線配當安排法(CPS-Critical Path Scheduling)之構想，當時係擬以顯示：新廠之建築時限與如何於其許多可行途徑(Course of action)中，選擇一最佳之新廠建築時限與成本費用，1956年該公司專家羅賓遜(J. Ailan Robinson)就費雪之構想發展為數學方式，對每一作業規定起訖順序及編為網圖，目前現行要徑法之數學符號與稱謂，即係當時羅賓遜所擬定。於1957年，由於華克(Morgan. R. Walker)與凱萊(James E. Kelly Jr.)提出專題研究報告，「計劃方案之規劃與安排(Project Planning And Scheduling)」要求使用電子計算機運算，依據此具體之構想與技術，首先使用解決建築工程之困難問題，實施結果，成效卓著，使建廠期限縮短兩月而不另增費用，該要徑法CPM遂被公認為係一極有效之之規劃方法與控制工具！

1957年初，美國發展太空武器之海軍特種計劃局(SPO-Special Project Office U.S. Navy)奉命擔任北極星潛水艇飛彈計劃)

Polaris Submarine Program) 之任務 (亦稱為艦隊發射飛彈計劃 Fleet Ballistic Missile Program)，當時主持決策之雷朋中將 (Vice Admiral William F. Raborn) 即認為欲使核子動力潛艇得以儘可能早日出海航行，除克服生產技術之困難外，更賴管理之有效成就，故令所屬分別研究各新興之管理規劃與考核進度之構想，包括三軍本身及民間所用及發展中者，杜邦公司之要徑法亦在研究綜合之列，於 1958 年 1 月，由該局與民營企業之洛基德 (Lockheed) 飛行公司及波亞漢 (Booz Allen Hamilton) 顧問公司設計研究，發展計劃評核術之構想，並成立研究小組，命名為計劃評核研究工作小組 (Program Evaluation And Research Task Team) PERT 之簡寫，起初即由此而生，1958 年後期，計劃評核術 (Program Evaluation And Research Technique) 即已付諸實施，該小組所提出之綜合報告，公諸於世，PERT 一詞開始為外界所知，其代表之全文，也由研究任務小組轉變成計劃評核管理技術之國際性專有名詞矣！

三、PERT 之發展歷史與趨勢

計劃評核術 PERT 係為美國近年來在管理科學進展史上之一項重大成就，係為一項運用網絡原理 (Network Theory) 與程序分析 (Process Analysis) 圖解式流程之技術，可應用於整體作業之規劃與時間配當安排 (Scheduling) 之依據，並查詢 (Follow-up) 控制其有關作業之進度，使其整個工作計劃方案能於預期之時間與成本內有效達成，此為 PERT 之中心工作，亦為工商企業經營勝敗之主要關鍵。

PERT 係於 1957 年開始運用於美國國防方案之研究，自 1958

年9月，由於飛彈發展計劃應用之成功，發展更為神速，美國空軍亦設計採用計劃評核程序（PEP—Program Evaluation Procedures），美國國防部合併海軍 PERT 採用之成為「PERT II」，美國空軍飛彈研究處再予以修改，着重時間之估計，稱為計劃評核時間變數標準制度（Standard PERT/TIME Variable System）係為「PERT III」，嗣後再加上成本變動因素，使成為「PERT IV」，亦稱為計劃評核時間與成本變動標準制度（Standard PERT/TIME and Cost Variable System）。後來美國太空總署（NASA）依據洛基德飛機公司之飛彈太空部所設計之計劃評核術運用方案，再經蘭賽研究中心（Langley Research Center）之發展而成為太空總署之計劃與成本評核術（NASA PERT And Companion Cost）。

由於 PERT 之不斷演進發展與其運用之顯著收效，成為美國各項主要國防計劃之必要工具，同時亦極端快速地傳遍為工商企業所採用。於 1961 年，美國聯邦政府費用最鉅之國防部與太空總署兩大機構，即規定承辦廠商與承受委託之研究機構，應採用 PERT 釐訂計劃方案之進程序並須提具按照 PERT 所定作業網絡程序圖說明，以資審查承辦者之作業規劃是否合理可靠？其工作進度之預計是否合乎要求？其開列之價格是否合理？亦即審查其作業方案之可行性（Feasibility）與其可靠性（Reliability）程度如何？爾後於 1962 年美國聯邦政府就一切新開發之工作方案與工程合約，決定全面採用 PERT，對所有之承辦商均有同樣之要求，藉以爭取時效並節省成本。而民營工商企業，一方面由於政府之硬性規定，另一方面由於洛基德與其他參與國防工業之民營企業之提倡而紛紛發現採用 PERT 之優越與成效，且由於各製造電子計算機公司之相互競爭發展設計有關 PERT 之策算程式（Program），其機器計算之神速與準確，更激發

工商企業界之普遍重視與推展，均競相採用，研究發展而成爲美國目前最爲盛行之一種管理方式。茲將其中較爲著名重要者列述如下：

簡 寫	全 名	創 用 機 構	特 點
ABLE	Activity Balance Line Evaluation	美國奇異電器公司之飛彈太空部	着重實際累計進度與預計之比較
COMET	Computer Operated Management Evaluation Technique	美國陸軍通信署補給績效評核小組	用以策劃安排及指導電子設備之採購
CPA	Cost planning and Appraisal	美國空軍制度署太空制度處	着重對承辦商在成本時間及技術進度上之控制
CPM	Critical Path Method 本法亦稱 CPS-Critical Path Scheduling CPP-Critical Path Planning CPPS-Critical Path Planning & Scheduling CPA-Critical Path Analysis	美國杜邦公司	以箭線圖 (Arrow Diagram) 配合成本曲線及人力配屬，對時間與成本分別按正常及趕工 (Crash) 而估計，求以最經濟方法縮短所需作業時間。
GMCP	General Motor Critical Path Method	美國通用汽車公司	與 CPM 類似，而着重最有利之成本
HEPP	Hoffman Evaluation Program and Procedure	美國 Hoffman 電子公司軍品部	着重策劃及成本控制
ICON	Integrated Control	美國 Sylvania 電器公司	運用 PERT 安排生產日程，對時間、成本及人力，以實際與預計比較，並用以決定投標之估計，及在得標之後按期檢討。
IMPACT	Integrated Managerial Programming Analysis Control Technique	美國空軍制度署的 GFAC Control Division	運用 PERT 於存控器材採購，預計效率及所需經費

簡 寫	全 名	創 用 機 構	特 點
LESS	Least Cost Estimating and Scheduling	美國商業機器公司 (IBM) 與 CPM 相似	
MPACS	Management Planning and Control System	美國萬國商業機器公司聯邦政府制度處	着重按 PERT/COST 作詳細編報，俾便以實際與預計相比較
MCX	Minimun Cost Expediting	美國Manchly Associates顧問事務所	與 CPM 相似
PAAC	Program Analysis Adaptable Control Technique	Honeywell公司	着重計劃執行人及承辦商預計所需加強控制之部份
PACE	Performance and Cost Evaluation	美國Northrop公司	着重衡量團體業績
PACT	Production Analysis Control Technique	美國海軍特種計劃局	為該處在創用PERT之後，在 PERT 以外，再加LOB (Line of Balance) 及學習曲線 (Learning Curve) 理論
PAR	Project Audit Report (Program Appraisal Review)	美國 Burroughs 公司	係 PERT/COST 之改良，着重於成本績效 (Cost Performance) 與可靠保險績效 (Reliability Insurance Performance) 之評估。
PERT MARK IV	Douglas PERT MARK IV System	美國 Douglas 飛機公司	與 PERT 類似而不用機率，着重綜合摘要，以簡馭繁
PLANNET	Planning Network	美國泛美航空公司導向飛彈部	在PERT之外，輔以習慣上常用之甘氏方條圖 (Gantt's Bar Chart)

簡 寫	全 名	創 用 機 構	特 點
PRISM	Program Reliability Information System for Management	美國海軍部	海軍部在使用PERT時着重可靠性的方法，計有二方法，一為RMI (Reliability Maturity Index) 以衡量已成就的部份；另為RPM (Reliability Performance Measure)，以不斷預測最後完成之可靠性。亦稱為PERT/Reliability
PROMO-COM	Project Monitor & Control Method	美國奇異電器公司華府資料處理中心	按 CPM法而來着重最有利之成本
RAMPS	Resource Allocation and Multi-Projecting Scheduling	美國杜邦公司與 CEIR公司合作設計	係結合 CPM與PERT二者所長而成，顧及人、料、財及設備等各種資源之可用性
RITE	Rapid Information Technique for Evaluation	美國 General Dynamics 公司航空部	作為 PERT 之補充，以求迅速衡量現況
SCANS	Scheduling and Control by Automated Network Systems	美國 Systems Development 公司	與 PERT 相類似，時間上僅用單一估計，但加上成本及人力因素。
SCOPE	Systematic Control of Operations and Program Evaluation	美國 RCA 公司	與 PERT/COST 相似
SPERT	Schedule Performance Evaluation and Review Technique	美國奇異電器公司	為該公司對 PERT 運用上之改進，按所承辦之期限對各作業確定之時日，而多方面沿用該公司原用之 ABLE方法

簡 寫	全 名	創 用 機 構	特 點
TOES	Trade-off Evaluation System	美國 AVCO 公司研究發展部	配合 PERT 而研討技術上、程序上、及成本上三者間之替換，以便在成本與效益方面，作合理之研析。
TOPS	The Operational PERT System	美國 Aerospace 公司	與 PERT 類似
TIPAC	Texas Instrument Programming and Control	美國 Texas Instrument 公司	與 PERT 類似
TRACE	Task Reporting and Current Evaluation	美國 Chance Vought 公司	用 PERT 法而着重及時迅速報導各況
WAP	Work Assignment Procedure	美國 Lockheed 公司	配合 PERT 運用，以利對於所需資源估計
WCC PERT	Western Company and Control System	美國 Philco 公司西部計算中心	與 PERT 類似
WSPACS	Weapon System Programming and Control System	美國空軍制度署航空制度處	着重衡量方案改變時之有關影響

以上所列之方法，雖各稱各異，實則大同小異，均係採用計劃網絡圖解法 (Project Network Diagram)，故亦稱網絡技術 (Network Technique)，或網絡分析 (Network Analysis)，或網絡規劃 (Network Planning)，總稱為計劃管理 (Project Management)，皆用以規劃、安排、控制及評核其工作計劃方案之每一作業，以利研析其最佳之決策，此類計劃管理之網絡技術與方法，先後共達百餘種之多，迄今仍在繼續發展中！其發展之重點大致可分列為：

1. CPM 着重於每一作業之時間與成本之控制，適於重覆性（Repetitive）之工作而能提供確定性（Certainty）時間及成本計劃方案。
2. PERT/TIME 着重於作業時間之預估與控制，適用於非重覆性（Nonrepetitive）或研究發展之計劃方案，其作業完成之時間，有相當之不定性（Uncertainty）。
3. PERT/COST 着重於成本及工作價值之分析與估值，並重視工作之規劃績效（Program Performance），適於非重覆性或研究發展之計劃方案。
4. PERT/LOB 着重於時間之預估與控制，係綜合 PERT 與 LOB 之規劃技術，提供一更有效之控制工具，適用於非重覆性兼有重覆性之研究發展計劃方案。
5. PERT / LOB / COST 着重於規劃績效與成本績效（Cost Performance），係綜合 PERT/LOB 與 PERT/COST 之規劃技術，適用於非重覆性兼有重覆性之研究發展計劃方案。
6. PERT/RELIABILITY 着重於規劃完成之可靠保險績效（Reliability Insurance Performance），適用於非重覆性而相當不定性之研究計劃方案。
7. PAMPS（Resource Allocation and Multi-Project Scheduling）着重於各項資源之有效調配與多項工程之時間安排，適用多項目標之計劃方案之同一規劃與執行。

自 PERT 盛行以來，繼美國之後，加拿大首先參與採用，爾後各國相繼採用，至今已應用於大規模之研究發展計劃，重大設計之變更與修改，太空之競賽、軍事之實習、防衛之計劃、生產之管理、廠

房之保養與裝置作業、營造投標與建築、船舶建造與維護，甚至用於藝劇演出，醫學技術、廣告宣傳、機械操作等，俱獲顯著之成效！均能達成預期工作之進度，管制與效果，為計劃管理開闢一康莊大道，係為一非常實用之管理工具，已受各界普遍採用之！

由於 PERT 網絡圖之運用，均能析分本末，定其先後緩急，對於各種大小不同之工作計劃均能有所助益，故其應用之範圍，繁簡咸宜，大自軍國大計，鉅大工程，企業決策，少至日常瑣事，野外旅行，莫不可用，惟於工作之執行，如何有效應用此 PERT 之運用，係為其主要之關鍵！故務須理論與實務之並重，適切應用於各工作之環境條件，始能發揮其最高之效能。

本文擬就此項計劃管理之觀念理論與實務運用予以介紹與闡述，冀能益於有關方面之認識與運用。

第二章 PERT 之基本概念

一、PERT 之意義：

不管其營業之型態與目的，其規劃、組織、協調、執行與控制之收效與否，均為任何企業經營成效之重大關鍵，故自科學管理（Scientific Management）興起後，企業界之擬定各項計劃方案（Project），無不均以往昔之記錄資料為其決策之準據，唯若係屬非重複性或研究發展之工作計劃方案時，則由於未能獲得此類往昔之實地資料而束手無策。PERT 即係針對此類工作之研究發展而能予以有效之規劃與調配！

PERT 係為 Program Evaluation and Review Technique 之簡寫，係為一項運用網絡原理與程序分析之圖解式流程圖之技術，可將一錯綜複雜之工作計劃方案轉變為一簡明之網絡圖表，顯示其所有獨立作業間之相互關係與先後順序，藉以識別每一作業要素於整體配當之相對重要性，並能提供整體目標與其資源條件限制之明確指示，以利分析其各相關之依賴性與平衡性，爾後依據其有關類似工作之經驗，再予以統計決策理論（Statistical Decision Theory）之科學綜合判斷而予以有效之規劃與配當。且此類工作計劃方案，由於許多內在與外在變動因素難以預測準確，故須時時予以評估、覆核其現行狀況之可行性與可靠性，不斷地予以再計劃（Replanning）與再配當（Rescheduling），以臻完善，此為 PERT 之一大特色！

簡言之，PERT 係以網絡原理之分析與技術，時時以科學之方

法，規劃，安排其工作計劃方案，並查詢、控制其工作進度，使其工作執行之程序中，發生最少之遲延與中斷，以期能於預期之時間與成本內有效達成其計劃方案，係為一最具功效之管理工具！

二、CPM 與 PERT

CPM 與 PERT 均以「網絡箭線圖(Network Arrow Diagram)」與「要徑方法論(Critical Path Methodology)」為基礎而形成之管理方式，其名稱雖異，實則大同小異，惟其使用之對象與計算方式稍有相異而已！

CPM 亦稱為「簡單之 PERT (Simplified)」，凡能提供確定性(Certainty)之時間與成本之工作計劃方案者，則宜採用此簡單 PERT-CPM。反之，若係非重覆性或研究發展之工作計劃方案者，即不能提供確定性之資料者，而須輔以統計理論而加以推定者，則須採用「完全之 PERT(Full PERT)」-即吾人所稱之 PERT/TIME。故廣義之 PERT，係包含一切之網絡技術而言，狹義之 PERT，則係僅指 PERT/TIME 而言。

三、網絡圖 (Network)

網絡圖之運用，於工程方面已有數十年之歷史，但網絡圖之應用於計劃管理方面，却係始於 PERT 發展之後，係以箭線圖(Arrow Diagram)顯示其工作計劃方案中之每一作業項目間之依賴性與連貫性，故實係一幅箭頭流程圖〔參閱圖(2—1)〕，故亦有稱為「箭線圖」，但其形狀如網，故通常稱為「網絡圖」，或稱為「作業圖」。