

## 第七章 補充

### 1、進度管理的主要方法

| 用途           | 方法             | 特點   |
|--------------|----------------|--|
| 活動定義         | 分解法            | 通過進一步分解和細化工作分解結構，直至具體活動  |
|              | 模板法            | 借用以前專案的活動清單或部分清單，做為新專案活動清單的詳板  |
| 活動排序<br>進度制定 | 網絡圖            | 用節點和箭線，代表活動與活動間之關係   |
|              | 節點圖法           | 節點代表活動，箭線代表關係，活動關係用四種類型表示  |
|              | 關鍵線路法<br>CPM   | 利用網絡圖找出專案關鍵路徑，確定各活動時間(註 1)   |
|              | 計畫評核技術<br>PERT | 同樣找出關鍵路線，但針對活動不確定之情況，估算專案定期完成的機率(註 2)  |
| 活動估算         | 專家判斷法          | 當專案涉及新技術的採用或者某種不熟悉的業務時，邀請專家評定估算  |
|              | 類比估算法          | 將當前進行估算的活動，和以往所完成專案中相似的某些活動進行對比估算的方法   |
| 制定進度         | 甘特圖            | 以日曆形式列出專案工期開始和結束時間，用於描述專案進度訊息，並將其可視化(註 3)                                      |
|              | 里程碑圖           | 描述專案階段性目標的圖，便於控制專案個階段目標，以保證總目標得實現  |
| 進度控制         | 調度會議           | 集中相關人員，進行進度安排討論和決策，完成績效測量和偏差分析   |
|              | 進度變更控制系統       | 制定一套進度變更管理規範，嚴格控制進度變更  |
|              | 表格法            | 用表格描述零散的工作安排，包括來源、內容、責任單位/人、完成時間、完成形式等內容                                       |
| 進度管理         | 專案管理軟體         | 利用 Project、P3(Primavera Project planner) / P6(Oracle Primavera) 等軟體進行進度管理、訊息統計 |

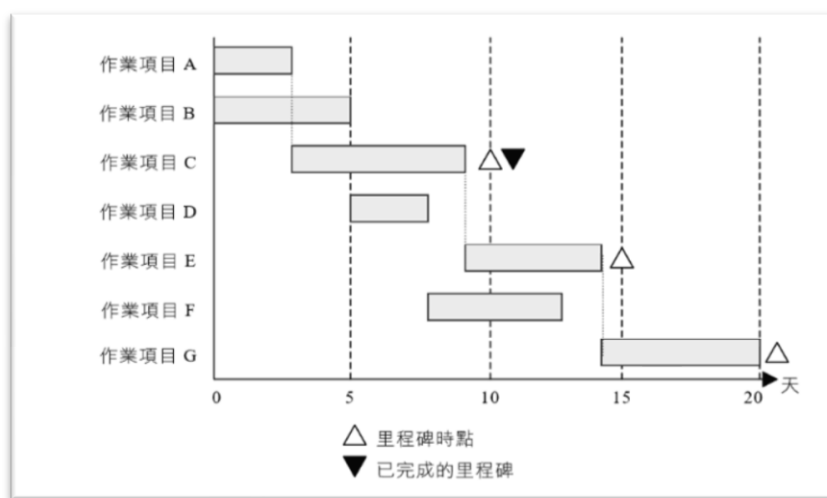
註 1：1957 年由美國杜邦和藍德公司提出，最先用於建造化工廠

註 2：1958 年由美國海軍特種計畫局提出，用於建造北極星導彈潛艦

註 3：1917 年甘特提出，使專案經理可按日曆製作任務圖表，用於工作安排

## 2、里程碑圖：

- 以有組織方式呈現一群里程碑，顯示專案過程中重大事件、時程點、檢驗點或階段分界點，更明確顯示出主要交付標地的開始日或完成日及主要介面，與甘特圖主要差異在於重要事件的預定是其以三角形替代橫條表示。
  - 優點：易於製作、瞭解及使用。
  - 缺點：無法顯示里程碑間之關係；無法完整顯示所需之時間、成本及資源需求

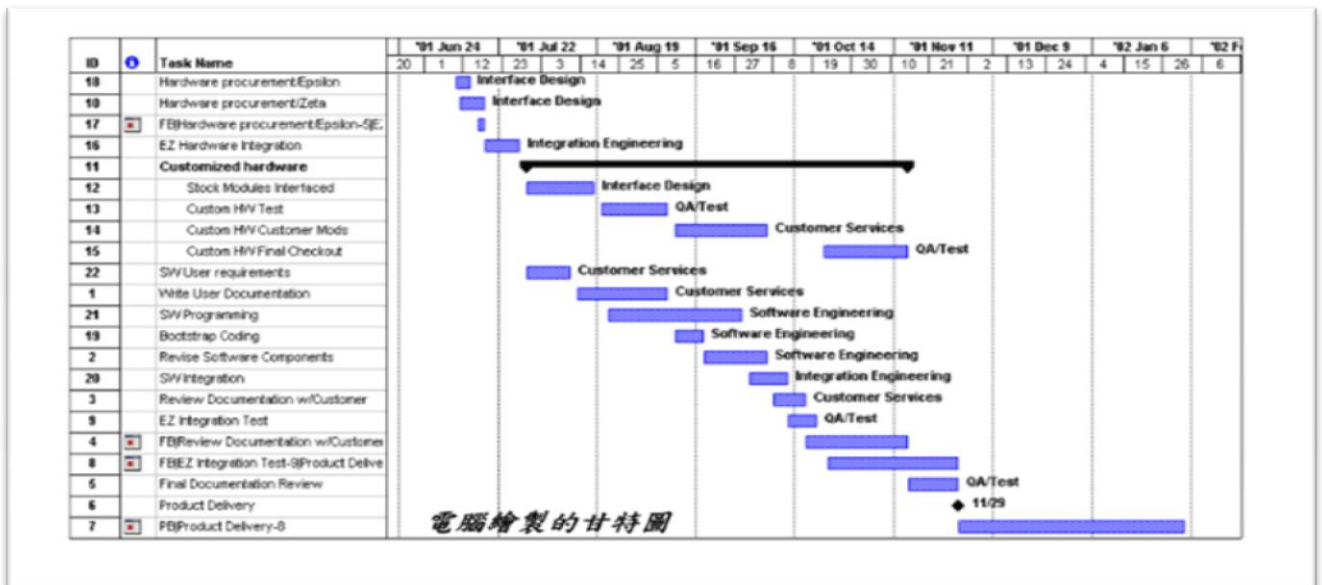
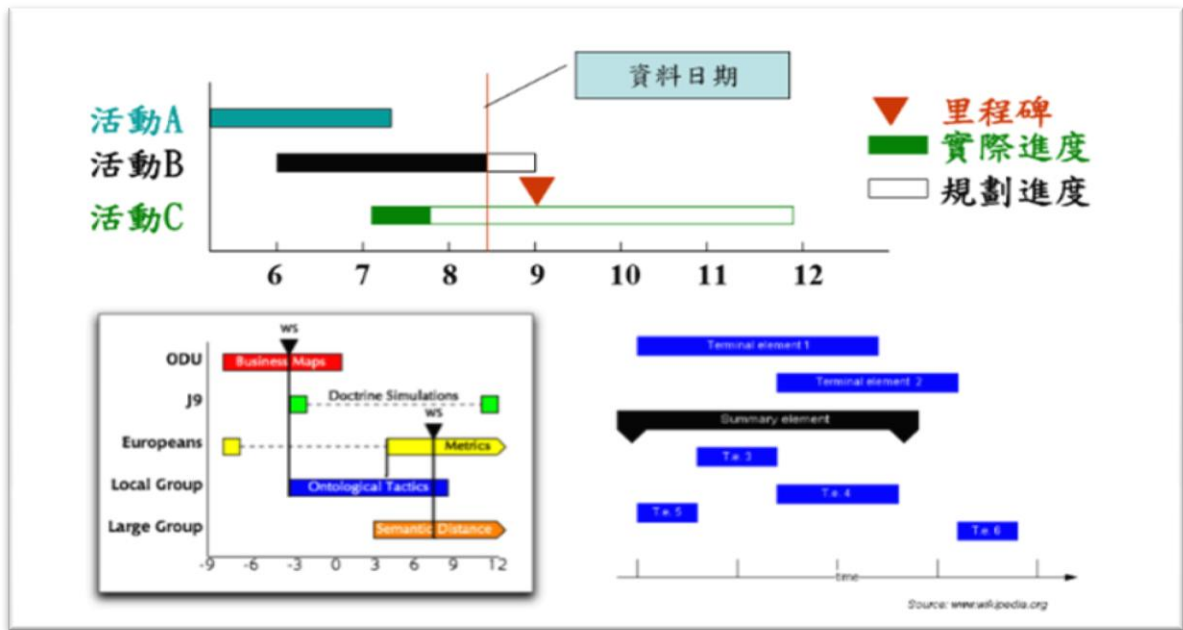


## 3、甘特圖 (Gantt Chart)

- 甘特圖 (Gantt Chart) 基本上呈現條狀，故又稱為「條狀圖」，橫軸表示「時間」，縱軸表示「活動項目」或「工作項目」，線條表示在整個期間裡，計劃和實際活動完完成的情況。甘特圖是專案計畫與日程安排最常使用的工具之一，它使管理者能以簡單的方式，將專案中的作業活動與時間關係建立起來，以利管理者管理專案進度。
- 管理者可藉由甘特圖，看出專案進度的全貌；當專案開始執行後，也可進一步看出還有哪些工作項目未完成，並可評估工作提前或延後，是一種簡單的專案時間管理工具。基本上，依據「工作分解結構」(WBS)的活動，進行排序後，接下來就能用甘特圖的方式來呈現專案進度。一般而言，甘特圖較適用於包含三十個以下作業活動的專案，三十個以上之專案則採用計畫評核術 (PERT) 或要徑法 (CPM) 方式較佳。
- 甘特圖是一個展示簡單活動或事件隨時間或費用變化的方法。一個活動

代表從一個時間點到另一個時間點所需的工作量。事件被表示為一個或數個活動的起點或終點。

- 甘特圖常被用來展現專案現行進度，其提供的資訊包含有活動項目、預估開始時間、預估完成時間、現行作業進度等，優點為簡單易懂，且易於變更；但亦存有無法顯示各類活動相關程度（例如作業完成後，何者後續作業始可開始）、無法評估活動提早或延後開工（完工），以及不確定性風險因素對專案的影響等問題。Nicholas（2001）指出，甘特圖無法清楚顯示工作元素間的相互關係，以及具有不適用大型專案等缺點。
- 基本上，甘特圖的優點在於它很容易理解和改變，但是應用甘特圖有三個限制：
  - 甘特圖沒有表明活動間的相互關係，因此，也無法表示活動的網路關係，沒有這個關係，長條圖就沒有預測價值。說白一點，傳統的甘特圖無法顯示作業間的關聯性，因此如果有一項作業延遲了，無法明顯地看出對其他作業的影響。
  - 甘特圖無法表示較早或較晚開始的結果。
  - 甘特圖無法表示在執行活動中的不確定性，因此，也沒有敏感度分析。
  - 繪製甘特圖時，計畫與時程是同時被繪製，因此，要調整是件麻煩的事，尤其是在專案一開始就延誤，許多線條就必須要重新繪製。甘特圖加上里程碑時點，就成為里程碑圖（Milestone）。
- 不過長條圖有個很大的缺點，就是很難看出某項作業的延誤，會對其他作業造成多大的衝擊。原因在於原始的長條圖中，並沒有把作業間的關聯性表達出來。為了克服這項缺點，分別發展出兩種解決方法；這兩種都是利用箭號圖，來描繪專案中各項作業的先後或平行的關係。其中一項方法，是否杜邦開發的要徑法（CPM）；另一項方法是美國海軍特殊專案室採用的計畫評核術（PERT）。
- 甘特圖(長條圖)：使用線條顯示各工作項目所需之時間及順序
  - 優點：易於製作(如專案很大，可將一大作業包含許多小作業，製作層級)、瞭解及變更利於看出計畫整體順序，並可藉以追蹤進度
  - 缺點：不易看出工作項目間之關係



#### 4、圖解評核術（GERT）

- 圖解評核術（Graphical Evaluation and Review Technique，GERT）類似於計畫評核術（PERT），但又優於計畫評核術。不論是節點式網路圖還是箭頭式網路圖，專案都只能由網路圖的左邊逐漸進行到右邊，直到專案結束。但是 GERT 允許機率性的分支和反復進行的迴圈，也就是說 GERT 允許出現循環、分支、以及多個專案結果。
- 在過去，如果測試失敗，使用 PERT 技術，無法根據測試結果，從不同

的分支中選擇一種以繼續專案的執行，可能需要重複做多次測試。如果使用 GERT 就沒有這樣的問題。

#### ■ PERT 與 CPM 的比較

- 基本上，PERT 與 CPM 都是時間導向的方法，兩者主要都在決定專案工作時間的排程，並利用網路圖的技術，求出專案中的要徑，再進一步調配各項的資源，以達有效之運用，最後則於作業進行中追查，控制進度與成本，並配合品質管制使專案能順利達成目標。
- PERT 與 CPM 都是 1950 年代發展出來的專案技巧，兩者具有許多相似之處，但兩者之間本來並無關聯。經過長時間的發展後，PERT 與 CPM 原先兩者之間的差異在於，真正的計畫評核術必須使用到機率計算，而要徑法卻沒有。但因使用者的相互借用，時至今日，其個別的特色已不復存在，取而代之的是混合兩種技術優點的新作法，一般合稱為 PERT/CPM。
- PERT 與 CPM 間最主要的差異為：
  - ◆ PERT 運用三時估計法，而 CPM 則使用單時估計法。
  - ◆ PERT 較偏重於機率性的時間估計，而 CPM 則較偏重於固定的時間估計。

#### 5、CPM 與 PERT 之異同點

|   | CPM  | PERT  |
|---|--|---|
| 1 | 假設每項活動的作業時間是確定的，僅使用一個時間來估算作業時間                 | 每項活動作業時間是不確定的，是用概率方法估算的估算值，可用三種時間(最可能 $T_M$ 、 $T_O$ 、 $T_P$ )採加權平均估算( $=T_O+4T_M+T_P$ ) |
| 2 | 基於單一時間估算，是一對論                                  | 是一種或然率估算，每一作業時間是基於 Beta 分布，預期時間期限是基於常態分配。   |
| 3 | 不僅考慮時間還考慮經費，重點在於經費和成本的控制，適宜以一已確確定時程與經費之公共工程專案。 | 主要用於大量不確定因素的大規模專案，重點在於時間控制，較適宜於高度變異性之研究開發專案。  |
| 4 | 可用完成百分比精確表達完成進度                                | 常以里程碑達成之方式表示。   |

## 6、時程網狀圖繪製

### ■ 節點式(PDM)

- 以節點表示工項，工項之工期、開始與完成等時間資料記載於節點上，以箭線關聯後續工項，並可在箭線上標註作業邏輯關係及延時，可以表達多種工項之作業邏輯關係，繪製較簡單但計算時間較複雜，通常需借助計算軟體完成進度排程。

### ■ 箭線式(ADM)

- 以前後節點表示工項的開始與結束，並以箭線表示工項，通常名稱記載於箭線上方，工期置於下方，並以”完成-開始”之邏輯觀念表達，僅能表達一種作業邏輯關係，若要表達其他類型作業邏輯，則需以”虛作業”配合，計算較簡單。

## 7、關鍵路徑法（Critical Path Method，CPM），

- 又稱為**要徑法**，是計劃項目活動中用到的一種**算術**方法。<sup>[1]</sup>對於有效的計劃管理而言，關鍵路徑是一個十分重要的工具。與**計畫評核術**（Program Evaluation and Review Technique，PERT）非常類似。要徑法所使用的估計作業時間是單一或確定的，而計畫評核術則是使用機率性的估計作業時間。這兩種技術經常混合使用，簡稱 CPM/PERT。
- 使用 CPM 的基本技術[6] [7]是建設一個包括以下方面的項目：
  - 列出完成項目的所有活動（一般通過工作分解圖），
  - 每個活動完成需要的時間
  - 項目之間的依賴性

## 8、關鍵鏈法（Critical Chain Method）

- 是一種專案排程的分析技術，在專案過程中需配合有限資源來調整專案時程。先按照活動的相依關係及已知的限制條件作為估算活動期程的投入，計算出專案時程網圖的要徑(Critical Path)。然後加入資源可用性及時程限制所做成的時程決定結果，重行修訂而得出新的時程要徑(Critical Path)。關鍵鏈法增加期程緩衝(Buffers)，一個是置於關鍵鏈末端的專案緩

衝(Project Buffer)以保護目標完成日免於受關鍵鏈之變動而延誤。另一個是置於一系列非關鍵任務進入關鍵鏈匯入點的匯流緩衝(Feeding Buffer)以保護關鍵鏈免於受非關鍵任務變動而延誤。關鍵鏈法係專注於管理緩衝期程，而非管理專案時程網圖路徑的總浮時(Total Float)。

- CCM(Critical Chain Method)此方法特別是用在針對資源不足的問題而發展的專案排程方式；CPM是 Time Critical, CCM 是 Resource Critical。

## 9、計畫評核技術 PERT(Program Evaluation Review Technique)

- 源於 1958 年美國軍隊的北極星火箭系統計劃，主要目的是針對不確定性較高的工作項目，以網路圖規劃整個專案，以排定期望的專案時程。PERT 圖把項目描繪成一個由編號結點（圓形或者方形）構成的網絡圖，編號節點代表著項目中的任務。每個結點都被編號，並且標註了任務、工期、開始時間和完成時間。線條上的箭頭方向標明了任務次序，並且標識出在開始一個任務前必須完成那些任務。
- 該評核術的主軸為「樂觀時間」、「最有可能時間」及「悲觀時間」，最核心公式為「專案期望時間」= (樂觀時間 + 4(最有可能時間) + 悲觀時間)/6
- 計畫評核術（PERT）是一種分析專案所涉及任務執行的規劃技術，特別是完成每個任務所需的時間，以確認完成整個專案所需的最短時間。當專案初始之時，尚未能準確地掌握所有任務的細節和工期，這技術可整合其不確定性，來安排時程。PERT 著重於以事件為導向，而非僅止於安排任務開始和完成的技術；在專案時程為主要考量的因素中常被使用。這個技術適用於大規模、一次性、複雜的，和非例行的基礎設施和研發專案。
- PERT 提供了一個管理工具，它使用「事件與任務的節點圖和方向箭頭」的呈現方式：箭頭表示達成階段性指示的事件或節點，所需的活動或工作。
- PERT 和關鍵路徑法（CPM）是互補的工具，因為「CPM 採用了對每一個任務活動，只做一次的估計和成本估算；PERT 則可能會利用三個時間點來估計（樂觀，預期和悲觀），並且每個活動都沒有成本估計。雖然有這些明顯的差異，PERT 一詞越來越多地應用在關鍵路徑排程上。」
- **事件和活動**在 PERT 圖中事件是主要的建構單元，分別為前導事件和後續

事件：

- PERT 事件：單純標記活動開始或完成的點，與時間和資源無關。當事件標記表示一或多個活動的完成時，要一直到導致該事件的所有活動已經完成為止，才會「到達」這個完成標記點。
- 前導事件：一個事件，緊接在某個其它事件之前，沒有任何其它事件介入。一個事件可以有多個前導事件，也可以是多個事件的前導事件。
- 後續事件：一個緊隨於其它事件之後的事件，沒有任何其它的介入事件。一個事件可以有多個後續事件，也可以是多個事件的後續事件。
- 除了**事件** PERT 還具有活動和子活動：
  - PERT 活動：此為任務的實際績效，將消耗時間並且需要資源（如勞動力、材料、空間、機械）。它可以理解為表示從一事件轉移到另一事件所需的時間，精力和資源。PERT 活動在其前導事件尚未發生之前，並不能被發動執行。
  - PERT 子活動：可以進一步將 PERT 活動分解為一組子活動。例如活動 A1 可以分解為 A1.1，A1.2 和 A1.3。子活動具有活動的所有屬性；特別地，子活動具有像活動一樣的前導或後續事件。子活動可以再次分解成更細粒度的子活動。
- **時間**，PERT 已經定義了完成一活動所需時間的四種類型：
  - 樂觀時間：完成活動（o）或路徑（O）所需的最短可能時間，假設一切都比通常預期的要好
  - 悲觀時間：完成活動（p）或路徑（P）所需的最長可能時間，假設一切都出錯（但不包括重大災難）。
  - 最可能的時間：假設一切正常進行，完成活動（m）或路徑（M）所需時間的最佳估計。
  - 預期時間：完成活動（te）或路徑（TE）所需時間的最佳估計，考慮到事情並不總是像正常一樣進行（這意味預期時間是，如果在很長一段時間內多次重複執行任務，任務所需的平均時間）。

$$te = (o + 4m + p) \div 6$$



時間的標準差：完成活動所需時間的變化範圍( $\sigma_{te}$ )或路徑的變化範圍( $\sigma_{TE}$ )

$$\sigma_{te} = (p-o) \div 6$$

- **管理工具**，PERT 提供了許多管理工具，包括以下概念：
  - 浮動或鬆弛是衡量可用於完成任務的多餘時間和資源的量度。專案任務的延遲時間不會導致後續任務（自由浮動）或整個專案（總浮動）的延遲。正面鬆弛表示時程提早，負面的鬆弛表示時程延後，零鬆弛表示如期完成。
  - 關鍵路徑：從初始事件到終了事件的最長連續路徑。它確定專案所需的總日曆工期；因此，沿著關鍵路徑的任何時間延遲，將延宕終了事件的達成。
  - 關鍵活動：總浮動等於零的活動。浮動為零的活動不一定在關鍵路徑上，因為它的路徑可能不是最長的。
  - 前導時間：必須完成前導事件的時間，以便在到達特定的 PERT 事件之前，有足夠的時間進行。
  - 落後時間：後續事件可以接在特定 PERT 事件的最早時間。
  - 快速跟蹤：並行執行更多關鍵活動。
  - 應急關鍵路徑：縮短關鍵活動的持續時間。

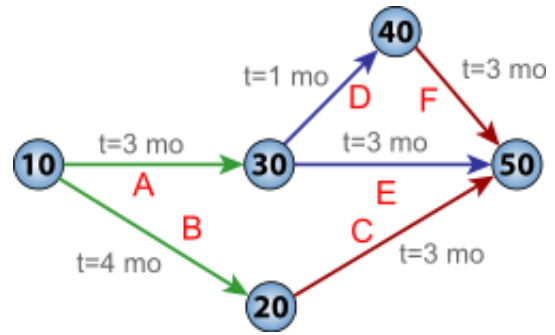
#### ■ **實作**[\[編輯\]](#)

安排專案的第一步是確定專案所需的任務以及必須完成的次序。這個次序對於某些任務可能很容易記錄（例如當建造房屋時，地表必須在鋪設地基之前整平）；而對於其它類型的任務而言卻是困難的（例如有兩塊地表需要整平，但只有某些推土機能整平其中一個）。此外，時間估計通常反映是正常的，而非倉促行動的時間。許多時候以增加成本或降低品質的方式，可減少任務執行所需的時間。

#### ■ **範例**[\[編輯\]](#)

PERT（項目評估和檢查技術）項目中，5 個里程碑（10 到 50 個）和六項活動（A 到 F）。項目有兩個關鍵路徑：活動 B 和 C，或者 A, D 和 F - 在快速跟蹤情況下，項目最短時間為 7 個月。活動 E 是次重要的，有 1 個月的浮動時間。

以下範例中有七個任務，分別標記為 A 到 G。某些任務可以並行地完成（A 和 B），而其它任務在前導任務完成之前無法進行（C 不能在 A 完成之前開始）。此外，每個任務都有三個估計時間：樂觀時間估計（o），最可能或正常時間估計（m）和悲觀時間估計（p）。使用公式  $(o + 4m + p) \div 6$  計算預期時間（te）。



| 活動 | 前導任務 | 估計時間    |         |         | 預期   |
|----|------|---------|---------|---------|------|
|    |      | 樂觀的 (o) | 正常的 (m) | 悲觀的 (p) |      |
| A  | —    | 2       | 4       | 6       | 4.00 |
| B  | —    | 3       | 5       | 9       | 5.33 |
| C  | A    | 4       | 5       | 7       | 5.17 |
| D  | A    | 4       | 6       | 10      | 6.33 |
| E  | B,C  | 4       | 5       | 7       | 5.17 |
| F  | D    | 3       | 4       | 8       | 4.50 |
| G  | E    | 3       | 5       | 8       | 5.17 |

完成此步驟後，可以繪製如下的甘特圖或節點圖。

### ■ 建立節點式網狀圖

可手動或使用製圖軟體建立節點圖。節點圖有兩種類型，箭頭上的活動（AOA）和節點（AON）上的活動。節點圖上的活動通常較容易繪製和解釋。要繪製 AON 圖，建議（但非必需）從名為 start 的節點開始。這個「活動」的持續時間為零（0）。然後繪製出每個沒有前導任務的活動（在本例中為 a 和 b），並將其與從起始到每個節點的箭頭連接。接下來由於 c 和 d 都列出 a 作為前導任務，所以它們的節點用來自 a 的箭頭繪製。活動 e 以 b 和 c 列為前導任務，所以用 b 和 c 兩邊的箭頭繪製節點 e，表示 e 在 b 和 c 完成之前才能開始。活動 f 具有 d 作為前導任務，因此繪製了連接活動的箭頭。同樣地，從 e 到 g 繪製箭頭。由於 f 或 g 之後沒有任何活動，建議（但不再需要）連接到標記為完成的節點。

上圖所示的節點圖並不比甘特圖提供更多的資訊；然而，它可以擴展到顯示更多的資訊。最常見的資訊是：

1. 活動名稱

2. 正常工期（持續時間）
3. 提前開始時間（early start, ES）
4. 提前完成時間（early finish, EF）
5. 延遲開始時間（late start, LS）
6. 延遲完成時間（late finish, LF）
7. 鬆弛

為了確定這個資訊，假設給出了活動和正常的持續時間。第一步是確定 ES 和 EF。ES 被定義為所有前導活動的最大 EF，除非有關活動是 ES 為零（0）的第一個活動。EF 是 ES 加任務持續時間（ $EF = ES + \text{持續時間}$ ）。

#### ■ 確定關鍵路徑和可能的浮時[編輯]

專案排程工具[編輯]

---

##### 優點[編輯]

- PERT 圖表明確地定義了工作分解結構（通常是 WBS）元素之間的可視依賴關係（優先關係）。
- PERT 有助於辨識關鍵路徑並使其可見。
- PERT 有助於識別每個任務活動的提早開始，延遲開始和鬆弛。
- PERT 提供潛在的減少專案持續時間，因為更好地了解相依關係，導致活動和任務在可行的情況下的重疊。
- 大量的專案數據可以組織並呈現在圖表中，用於決策。
- PERT 可以在給定時間之前提供完成的機率。

##### 缺點[編輯]

- 可能存在著數百或數千個活動與人物之間的相依性。
- 對於較小的專案，PERT 不容易擴展。
- 節點圖表往往面積很大而不方便，需要多頁列印，並要求特殊尺寸的紙張。
- 大多數 PERT/CPM 圖表中缺少時間表使得更難顯示狀態，儘管顏色可以幫助（例如，已完成節點的特定顏色）。

#### ■ 專案排程的不確定性[編輯]

然而專案執行的期間，由於不確定性，現實生活中的專案將永遠不會按計劃執行。這可能是因人為主觀容易發生的錯誤估計，或可能是因意外事件或風險引起的變異性，而導致的模糊歧義。PERT 所提供關於專案完成的

資訊，其主因是根據時程的不確定性。這種不確定性可能會提高到足以使這樣子的估計無效。

若為了提升時程估計的穩健性質，一種可行方案是將安全性最大限度地納入時程的基準線中，以吸收預期的中斷，稱為主動排程。純粹的主動排程則過於美好理想；將安全性納入基準時間表，從而允許每一可能發生的中斷，將導致完工時間很久遠的排程結果。被稱為反應排程的第二種方法，是定義一個程序，以對基準進度表不能吸收的中斷來作出反應。

#### 10、圖形評核技術(GERT - Graphic Evaluation Review Technique )

- 是一種用於項目管理的網絡分析技術，允許對網絡邏輯和活動持續時間的估計進行概率處理。該技術於 1966 年由 Purdue 大學的 Alan B. Pritsker 博士和 WW Happ 首次描述。
- 與其他技術相比，GERT 很少用於複雜系統。然而，GERT 方法解決了與 PERT/CPM 技術**相關**的大多數限制。GERT 允許任務之間的循環。與 GERT 技術相關的基本缺點是模擬 GERT 系統所需的複雜程序（蒙特卡羅模擬）。GERT 中的開發包括 Q-GERTS - 允許用戶考慮在系統內排隊。