

設備製造成本估算手冊(稿)

陳勝朗 2022.4

目 錄

1. 簡介
 - 1.1. 成本估算和成本分析的必要性
 - 1.2. 採購和管理流程
2. 成本估算過程
 - 2.1. 第 1 部分：定義預定購置物品工作要項
 - 2.1.1. 工作要項 1：接收客戶請求並了解預定購置物品規格及需求
 - 2.1.2. 工作要項 2：構建購置物品性能導向的工作結構架構(WBS)
 - 2.1.3. 工作要項 3：獲取購置物品技術規範
 - 2.2. 第 2 部分：工作要項成本估算方法
 - 2.2.1. 工作要項 4：制定基本規則和假設
 - 2.2.2. 工作要項 5：選擇成本估算方法
 - 2.2.3. 工作要項 6：選擇/構建成本模型/工具
 - 2.2.4. 工作要項 7：收集和規範化數據
 - 2.3. 第 3 部分：工作要項成本估算
 - 2.3.1. 工作要項 8：制定成本估算 (含成本要素定義)
 - 2.3.2. 工作要項 9：開發和整合成本風險評估
 - 2.3.3. 工作要項 10：記錄成本估算
 - 2.3.4. 工作要項 11：展示成本估算結果
 - 2.3.5. 工作要項 12：根據需要更新成本估算
3. 聯合成本和進度置信水平(Joint Cost and Schedule Confidence Level, JCL) 分析
 - 3.1. JCL 流程
 - 3.1.1. 步驟零：確定 JCL 分析的目標
 - 3.1.2. 第一步：制定總結分析計劃
 - 3.1.3. 第二步：將成本加載到計劃活動中
 - 3.1.4. 第三步：納入風險清單
 - 3.1.5. 第四步：進行不確定性分析
 - 3.1.6. 第五步：計算和審查結果
 - 3.2. JCL 政策和使用
4. 決策支持分析
 - 4.1. 敏感性分析
 - 4.1.1. 執行敏感性分析的步驟
 - 4.1.2. 敏感性分析的利弊
 - 4.2. 交易研究
 - 4.2.1. 交易研究分析
 - 4.2.2. 製造與購買分析
 - 4.2.3. 租賃與購買分析
 - 4.3. 負擔能力分析
 - 4.4. 成本作為自變量
 - 4.5. 經濟分析
 - 4.5.1. 什麼是經濟分析？
 - 4.5.2. 經濟分析指南(Office of Management and Budget Guidelines)
 - 4.5.3. 折扣的概念
 - 4.6. 經濟分析過程
 - 4.6.1. 執行經濟分析的步驟
 - 4.6.2. 量化收益的挑戰
 - 4.6.3. 使用淨現值對備選方案進行排名
 - 4.6.4. 經濟分析的文件和審查
5. 範例--不銹鋼容器製造成本分析

1. 簡介

1.1. 成本估算和成本分析的必要性

手冊中定義的成本估算過程將使決策者清楚地了解購置物品固有的成本風險、購置物品內替代方案的成本以及做出資源分配決策的信息。一旦決定繼續進行購置物品，成本估算為管理層提供了關鍵的成本風險信息，以改善對當前和未來資源的控制，並深入了解購置物品變更對購置物品預算的影響。因此，成本估算過程必須具有適應性和靈活性，同時堅持成本估算的原則、目標和實踐。

1.2. 採購和管理流程

採購過程方案規劃有助於購置物品能滿足計劃、制度、技術、成本、進度 and 性能承諾。他的過程定義了成本估算者的產品所貢獻的作業。在大多數情況下，隨著購置物品的成熟，購置物品的進度和成本不確定性會隨著購置物品的生命週期而減少。對於**估算者**來說，不僅要了解和交流成本和進度估算，還要了解與這些估算相關的不確定性，這一點很重要。

2. 成本估算過程

全面的成本估算內容要求：

- 包括所有生命週期成本；
- 基於完整定義程序、反應當前進度且在技術上合理的技術基線描述；
- 基於以產品為導向、可追溯至工作說明書的工作分解結構，並具有適當的詳細程度，以確保既不遺漏也不重複計算成本要素；
- 記錄所有影響成本的基本規則和假設。有據可查的成本估算；
- 顯示使用的數據源、數據的可靠性以及用於推導每個要素成本的估算方法；
- 描述估算是如何制定的，以便不熟悉該計劃的成本分析師能夠了解所做的工作並複製它；
- 討論技術基線描述，技術基線中的數據與成本估算一致；
- 提供證據證明成本估算已被管理層審查並接受。

成本估算過程為啟動、評估、分析和提出成本估算提供了基本指導。在這 12 個工作要項步驟中的每一個對於確保及時制定和交付成本估算以支持重要的計劃決策都很重要。12 個工作要項流程代表了一種基於行業和政府最佳實踐的一致方法，可在美國政府範圍內用於開發、管理和評估項目成本估算。通過遵循可重複方法的過程，有關業者應該能夠產生可靠的估計，可以清楚地跟踪、複製和更新，以更好地管理他們的計劃案件並告知決策者所涉及的風險。

本章介紹了成本估算過程的操作方法、成本從頭到尾的詳細信息。如下列**圖 1**所示，其中 12 工作要項的步驟，對於**成本估算作業流程**分為三個主要部分：**第 1 部分**的購置物品定義，**第 2 部分**的成本方法和**第 3 部分**的成本估算。這一過程與(The U. S. Government Accountability Office, **GAO**)規定的過程基本要求一致，但為適應國內的需求而量身定制。

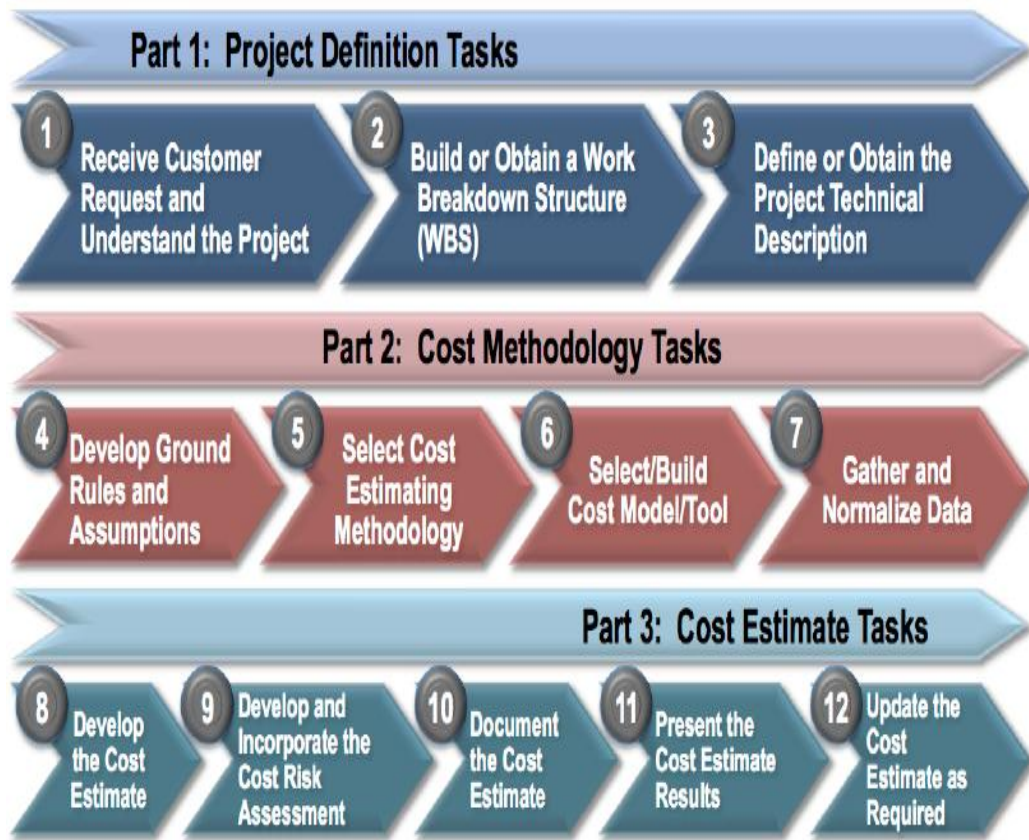


圖 1 成本估算作業流程

為了正確估算購置物品的成本，估算人員徹底定義和理解購置物品至關重要。因此，成本估算過程的初始階段致力於：

- 接受客戶要求，了解購置物品規格及需求
- 建立購置物品性能導向的工作結構架構(WBS)
- 獲取製定購置物品技術說明書(規範)

2.1.1. 工作要項 1：接收客戶請求並了解購置物品規格及需求

進行可靠成本估計的關鍵是充分了解採辦計劃——採辦策略、技術定義、特徵、系統設計特徵和設計中包含的技術。成本估算人員可以使用此信息來識別將定製物品成本估算的技術和程序參數。技術基線中包含的信息量直接影響估計的整體質量和靈活性。如果沒有這些信息，成本估算人員將無法識別支撐成本估算的技術和程序參數，成本估算的質量將受到影響。因此，必須強調這一步的重要性，因為成本估算的最終準確性取決於程序定義的好壞。

最佳實踐是指派一個由各種專家（系統工程師、設計專家、調度員、測試和評估專家、財務經理和成本估算師）組成的綜合團隊在項目開始時制定技術基線。項目經理批准技術基線以確保它包含定義項目系統和製定成本估算所需的所有信息。

此工作要項的目標是與客戶充分溝通收集足夠的購置物品信息以生成質量

評估。與理解購置物品相關的三個主要活動：

1. 確定將使用估算結果的客戶和利益相關者。
2. 通過 (a) 確定估算的目的，記錄對計劃/購置物品的期望；(b) 明確工作要項的需要和目的；(c) 評估運行環境和生命週期階段。
3. 收集和審查所有相關的購置物品數據以進行評估（例如，現有的技術基線或成本分析數據要求、以前的估計、經驗教訓和客戶反饋、預算數據和計劃數據（如時間表）。與提出請求的客戶討論計劃、數據、期望和資源要求。

2.1.2. 工作要項 2：構建購置物品性能導向的工作結構架構(WBS)

WBS 是購置物品管理的關鍵要素。WBS 的目的是將購置物品劃分為可管理的工作部分，以促進成本、進度和技術內容的規劃和費用估算。

WBS 為各種相關活動提供了一個費用估算基本框架，包括估算成本、制定時間表、識別資源和確定可能發生風險的位置。它還提供了製定進度計劃和成本計劃的框架，可以輕鬆跟踪技術成就——與計劃相關的資源花費以及活動的完成情況——從而能夠快速識別成本和進度差異。

WBS 中的層數取決於項目的複雜性和風險。工作分解結構需要擴展到足以規劃和成功管理整個工作範圍的成本元素費用估算的詳細程度。但是，每個 WBS 至少應該包括三個層次。第一層代表整個專案任務程序，因此只包含一個元素——主要任務名稱。第二級為次要任務群組名稱，第三級為每個次要任務的典型單元工作名稱。由於成本估算中的每個元素都代表完成這項工作的成本，因此，通常在第三級的費用類別下會再細分有關成本估算元素名稱。

WBS 使用層次結構確保在購置物品上執行的所有工作都按照購置物品的總範圍進行組織和調整。成本估算中的每個元素都代表完成這項工作的成本。當購置物品或研究負責人提供 WBS 時，成本估算人員需要確定 WBS 是否涉及整個工作範圍並適用於成本估算。這種結構成為成本估算者的框架，以確保購置物品目標的全面覆蓋（不重複計算），包括以下內容：功能性工作分解結構（FBS）有時被稱為活動導向結構。面向活動的結構包含制定工作要項所需的所有活動。它也可用於工作要項的任何子集。它專注於必須完成的工作，而不是最終產品。

基於活動的結構不依賴於任何特定的架構，因為它是架構中所需功能的列表，而不是元素的列表。

以下是基於功能性的工作結構架構的範例概要：

- 購置物品管理
- 系統設計
- 原型製造
- 原型鑑定測試
- 測試和檢查
- 購置物品和技術規劃和調度；
- 成本估算和預算制定（特別是，在面向產品的 WBS 中收集的成本可以與為相同產品收集的歷史數據進行比較）；
- 定義工作說明書的範圍和合同工作的規範；
- 購置物品狀態報告，包括進度、成本、勞動力、技術績效和綜合成本/進度數據（例如 EVM 和完成時估計 [EAC]）；和
- 制定系統工程管理計劃等計劃(SEMP) 和其他文檔產品，例如規格和圖紙。
- 系統工程
- 詳細設計
- 原型集成
- 質量保證

2. ISDC 第二層次要任務群組與第三層典型單元工作項目架構

Level 2/3, Activity Group	Labour		Capital	Expenses	Contingency	Total
	Hours	NCU				
01 Pre-decommissioning						
01.0100 除役作業規劃 (Decommissioning planning)						
0101 戰略規劃						
0102 初步規劃						
0103 最終規劃						
01.0200 設施特性調查 (Facility characterisation)						
0201 細部設施特性調查						
0202 危險材料調查和分析						
0203 建立設施滯存廢料資料庫						
01.0300 安全、安保和環境研究 (Safety, security and environmental studies)						
0301 除役作業安全分析報告						
0302 環境影響評估報告						
0303 廠運營的安全、安保和應急規劃						
01.0400 廢料管理規劃 (Waste management planning)						
0401 制定廢物管理準則						
0402 制定廢物管理計畫						
01.0500 許可申報 (Authorisation)						
0501 許可證申請和許可證核准						
0502 利益承擔者事務						
01.0600 準備管理小組和承包 (Preparing management group and contracting)						
0601 管理組織作業						
0602 分包作業						

NCU = National currency unit

需要時, 第3層級 (Level 3) 工作項可再細分

01.0101 Strategic planning

- 評估和批准除役選項:
 - 考慮和評估現有的內部/外部設施
 - 考慮擬議備選方案中加速或遞延所含有風險
- 考慮成本、時間和人員能力
- 審議可用資金
- 設施再利用的評估和批准
- 考慮在整個除役過程中隔離、保護和維護此類設施的成本

2.1.3. 工作要項 3：獲取購置物品技術規範

這項工作要項的目標是建立一個共同的基線文件，全面描述購置物品團隊和購置物品估算人員用來進行估算的購置物品。購置物品技術基線定義並提供了購置物品特徵的定量和定性描述，從中可以得出成本估算。因此，購置物品技術基線確保購置物品辦公室和獨立審查組織共同製定的成本預測基於系統和購置物品的共同定義。此步驟的目的是確保估算團隊理解並能夠獲得詳盡描述要估算的購置物品的文件。購置物品技術基線應確定可能產生重大成本影響（例如 風險）的任何領域或問題，因此必須由成本估算人員解決。如果已經為曾經估計的系統，則可以使用它來了解估計的技術基線。

有幾項作業和完整程序特性分別為：

1. 收集和審查所有相關的購置物品數據（例如，現有技術基線或以前的估計、經驗教訓和客戶反饋、預算數據以及其他計劃數據（如時間表））；
2. 收集系統特性、配置、質量因素、安全性、操作理念以及與系統相關的風險；
3. 獲取系統（或購置物品）的里程碑、進度、管理策略、實施/部署計劃，包括啟動、測試策略、安全考慮和採購策略。

2.2. 第 2 部分：工作要項成本估算方法

成本估算過程的接下來四項工作要項與選擇和管理成本方法有關，這將指導成本估算的發展。下面詳細介紹這四項工作要項。

2.2.1. 工作要項 4：制定基本規則和假設 (GR&A)

基本規則和假設 (GR&A) 旨在傳達進行估算的範圍、背景和環境。以下是與制定 GR&A 相關的四項活動：

1. 建立一套計劃、技術和進度 GR&A 以定義估算範圍（即，包括哪些成本以及排除哪些成本）；
2. 協調並獲得購置物品者的同意/批准經理（P/pM）（或其他成本估算聯繫人）；
3. 與利益相關者、供應商、最終用戶等就 GR&A 達成共識，以確保其適用性並避免導致估計不準確或誤導的問題；
4. 在整個估算過程中記錄 GR&A。

最重要的 GR&A 之一是定義一個執行的時間表。可能難以及早進行深入的進度評估，以發現初始項目進度表中經常出現的樂觀情緒。理想情況下，製造和技術的工作成員應該參與製定計劃時間表，但通常信息不足，必須做出假設。制定切合實際的時間表的一個主要挑戰是，在進行任何分析以確定是否可行之前，完成日期通常由專案辦公室無法控制的外部因素確定。

2.2.2. 工作要項 7：收集和規範化數據

這項工作要項的目標是為成本估算人員提供盡可能多的信息，以便開發出最準確和可辯護的成本估算。

在收集數據之前，估算者必須充分了解需要估算的內容。這種理解來自估計的目的和範圍、技術基線描述、WBS 以及基本規則和假設。只有在完成這些任務之後，估算人員才應該開始製定初始數據收集計劃。

數據收集計劃應強調收集當前和相關的技術、程序、成本和風險數據。數據收集是一個漫長的過程，並貫穿於成本估算的製定和項目執行的整個過程中。需要收集多種類型的數據：技術、進度、計劃和成本數據。可以通過多種方式收集數據，例如從過去案件的數據庫、訪談、調查、數據收集工具和市場評估研究。

成本估算數據收集必須基於現實的進度信息。一些成本要項，例如直間接勞動力、材料質量、監督、租用空間和設備以及其他與時間相關的間接費用，取決於他們支持的活動的持續時間。委辦分包商也須納入成本數據。因此，應謹慎查看數據並應確定數據是否可支持。例如，在競爭環境中選擇外界資源時，較低的建議成本可能會增加獲得合同授予的機會。

2.3. 第 3 部分：成本估算工作要項

成本估算過程的最後五項工作要項圍繞估算的實際生成和記錄展開。這些成本估算工作要項詳述如下：

2.3.1. 工作要項 8：制定成本估算

此工作要項的目標是創建初始(life-cycle cost ,LCC) 點估計。與製定成本估算相關的活動有八項：

制定概率成本估算

成本界在 2000 年代初開始實施概率分析。採用概率成本和進度分析作為改進其按時並在預算範圍內交付購置物品和計劃的一種手段。領導層認為，所有購置物品都應提交基於風險量化的預算，這些風險可能導致購置物品耗時或成本高於最初預期。識別和估計成本和進度方面的風險和適應不確定性是提高成本和進度績效的關鍵，從而有助於建立更可信的成本和進度基準。通過利用概率技術，

能夠通過提供對滿足計劃成本和進度基準的概率的量化影響，更有效地傳達變更對計劃或請求資源的影響。

估計和分析界已作為一個整體轉向採用

概率成本估算而不是確定性成本估算。多年來，概率成本估算的支持者、支持者和創造者。概率成本估算試圖量化風險和不確定性。概率成本估算為管理層提供了對購置物品關鍵成本和進度驅動因素的重要洞察，使他們能夠積極管理和製定緩解策略以降低成本。除了提供洞察力之外，概率成本估算還可用於報告和分析目的，為利益相關者、管理層和合作夥伴提供有價值的信息。

成本要素 (EOC) 範例

EOC 除了通過 WBS 進行估算外，購置物品一般成本要素包含：

- ✓ 勞力時間
- ✓ 工程工時 製造業工時 其他工時
- ✓ 人工 \$
- ✓ 工程人工 \$
- ✓ 製造作業勞動力 \$
- ✓ 其他人工 \$
- ✓ 開銷 \$
- ✓ 材料 \$
- ✓ 分包作業 \$
- ✓ 其他直接費用 (ODCs) \$
- ✓ 一般和行政 (G&A) 費用 \$

製造成本要素主要也包括：

- ✓ 質量保證、工業工程、物料搬運、工廠管理、設備維修人員的工資和工資。
- ✓ 設備維修零件和用品。工廠公用事業。工廠資產折舊。
- ✓ 工廠相關的保險和財產稅。
- ✓ 雜項費（如報告編撰費、駐場(稽查)服務費）

各項成本要素定義

1. **工程人力** -- 工程人工通常被定義為直接消耗的人工由工程人員在執行所有科學調查、技術流程、研究、開發和設計、系統工程、測試、物流和支持特定產品的製造過程時進行。
2. **一般和行政成本(G&A)** -- 是間接費用，包括維持公司的一般和行政辦公室所需的成本；員工服務成本，例如法律、會計、公共關係、財務和類似費用；和其他與整體業務相關但不能分配到間接費用領域的一般費用。
3. **工時** -- 可用於分析的技能或勞動力類別分為三個建議的組：工程、製造和其他。
4. **製造人工** -- 製造人工通常被定義為在最終產品上執行的直接人工或對成品中使用的零件的加工，以及產品的功能測試。它通常涵蓋製造、組裝和製造支持活動。製造勞動力有時還包括工具和質量控制勞動力；然而，對於功能分解分析，工具和質量控制勞動被認為是其他勞動。
5. **材料** -- 可歸因於採購、接收、儲存、倉儲、交付或加急材料的原材料、

採購零件和間接費用。

6. **其他直接費用(ODC)**—涵蓋通常未列在直接材料、人工或間接費用下的成本，包括計算機使用、差旅、貨運、顧問、遠程活動、稅收和部門間支持成本等。
7. **其他勞動力**—其他勞動力包括購置物品管理、數據勞動力工具、質量控制勞 動力和設施勞動力。
8. **製造資本成本**—基於所需的工藝線數量，這為計算工廠佔地面積和人員需求提供了依據。我們**假設生產的資本設備支出將在 20 年（6000 小時/年）期間攤銷，並且年度攤銷成本將分配到當年的產量。**
9. **使用的基本機器速率**方程是設備資本成本、勞動力和能源成本以及利用率的函數。
10. 對於每個生產過程或系統（機器站），利用率計算為生產所需的年度系 統量所需的總可用時間的一部分。
我們假設總可用製造時間包括每年 250 天每天 3 個 8 小時班次，或每 年 6000 小時。
11. **間接費用** —間接費用包括由於共同或聯合目標的發生而不易作為直接成本處理的成本。此類間接成本的產生是為了使承包商的總直接成本或業務基礎受益。在 NAFCOM 中，附加福利包括在間接費用中，而不是在勞動力中。
12. **分包合同**— 分包合同包括主要組件或子系統的採購，這些組件或子系 統要求分包商進行廣泛的設計、開發、工程和測試，以滿足主承包商的 採購規範。此成本類別不包括子系統購買百分比的採購成本 此類成本必 須作為吞吐量單獨添加。
13. **焊接檢驗服務/油漆服務/產品交付和排放服務**

2.3.2. 工作要項 9：開發和整合成本風險評估

此工作要項的目標是為購置物品成本範圍生成可信的購置物品成本累積分佈函數（CDF，或“S 曲線”）。

成本風險評估

有六項作業與開發成本風險評估相關，以了解購置物品當前的置信水平並估計達到所需置信水平所需的未分配未來費用（UFE）的數量：

1. 根據 NASA P/pM 和工作人員的意見確定購置物品的成本驅動因素和風險；
2. 開發技術和進度成本驅動因素的概率分佈；
3. 開發成本模型不確定性的概率分佈；
4. 運行風險模型；
5. 識別實際成本小於或等於點估計的概率；
6. 推薦足夠的 UFE 以達到所需的百分比置信水平。

敏感性分析

建議進行敏感性分析以識別主要的成本驅動因素（即那些變化造成成本變化最大的設計參數）。敏感性分析有助於確定估計對假設、技術或系統設計變化

的敏感性。通過將模型輸入與此類變化相關聯，敏感性分析為決策者提供了更多洞察，即購置物品決策如何改變成本模型產生的估計。對於這些決策者來說，範圍估計通常比點估計更有用。由於設計和開發過程的性質，在項目的定義階段，一些（如果不是全部）技術參數的值總是存在不確定性。同樣，在購置物品定義階段開始時所做的許多假設可能會被證明是不準確的。因此，一旦開發了估計，通常需要確定總成本估計對輸入數據變化的敏感程度。

雖然敏感性分析可以在估算的任何階段進行，但通常可以得出一個最初滿足所有工作要購置物品標的無約束解決方案，然後為了節省資金而開始“退出”該解決方案。但是，必須注意不要影響材料解決方案，以致通過引入更改而顯著改變從該解決方案獲得的好處。

2.3.3. 工作要項 10：記錄成本估算

本項工作要項的目標是同時記載從購置物品啟動到完成的成本估算過程的 LCC 結果及其所有副產品（置信度、估算基礎（BOE）、風險、UFE 等）。

成本文檔建立的目的是為購置物品成本估算提供書面理由。該文檔通常稱為 BOE。BOE 記錄了用於開發成本和進度估算的基本規則、假設和驅動因素，包括適用的模型輸入、類比的基本原理或理由，以及支持成本和進度估算的詳細信息。

鑑於程序的規模和重要性，文檔應被視為一項實質性工作。一般的經驗法則是，最終產品應提供有關如何制定估算的充分信息，以便獨立成本分析師或其他審查團隊成員能夠重現估算。

由於多種原因，有據可查的成本估算被認為是高質量成本估算的最佳實踐。

- 首先，完整的文檔對於驗證和維護成本估算至關重要。也就是說，有據可查的估計可以就估計的有效性提出令人信服的論據，並有助於回答決策者和監督小組的探究性問題。
- 其次，逐步詳細記錄估算，提供足夠的信息，以便不熟悉該程序的人可以輕鬆地重新創建或更新它。
- 第三，良好的文檔有助於分析項目成本的變化，並有助於收集可用於支持未來成本估算的成本和技術數據。
- 最後，如果要進行有效的獨立審查以確保其有效和可靠，那麼有據可查的成本估算是必不可少的。它還支持通過提高對成本要素及其差異的理解來協調差異與獨立的成本估算，從而使決策者能夠更好地了解情況。

成本估算文檔最佳實踐

- 儘早開始記錄工作，並在整個成本估算過程中繼續進行。記錄實際模型中的來源，並將這些詳細信息包含在估算報告和估算演示中。提供支持性或主觀的數據或理由輸入，例如新設計或製造複雜性的百分比。
- 當使用購置物品購置物品(Cost Estimation Relation, CER)時，應該提供它，並且必須完整引用其來源，或者必須引用模型和校準它的數據集。審查成本文件的成本估算人員應該能夠從文件或其中引用的來源獲得足夠的信息，以重建 CER 並評估其相關統計數據。
CER 文件應包括描述性統計數據(見附錄 C)。該信息對於充分評估 CER 的適用性是必要的。

成本估算文檔會定期更新，以確保它反應該計劃變化和實際成本。

- 更新估算以反應技術或程序的變化假設，以及這些變化如何影響

成本估算記錄在案。

- 成本估算被實際成本和成本來源所取代實際成本記錄在案。
記錄、解釋和審查計劃成本和實際成本之間的差異。
- 估計記錄差異和任何經驗教訓實際成本或進度與估計不同的要素。

2.3.4. 工作要項 11：展示成本估算結果

雖然對所有的估算類型的成本估算簡報圖表的内容和格式進行標準化可能規定，但此工作要項的目標是成功創建質量成本估算並將其傳達給決策者和利益相關者。

與展示/簡報結果相關的活動有三項：

- 酌情為內部和外部演示創建簡報材料和支持文檔。
- 提出並捍衛成本估計和物品製作能力。
- 收集並提供反饋，以便為下一次估算獲取改進。

跨中心呈現成本估算的一致性有助於在管理審查過程中理解，並提高成本估算和分析文檔的完整性和質量。

2.3.5. 工作要項 12：根據需要更新成本估算

更新成本估算的目的是在獲得更好的信息時改進估算。這樣做可以幫助估算者隨著時間的推移捍衛估算，減少更新估算的周轉時間，並讓決策者更清楚地了解重大決策或“假設”演習。有兩項作業與更新成本估算相關：

- 評估和利用客戶反饋以及經驗教訓，並將此反饋納入下一個版本的估算。
- 當購置物品內容髮生變化以及購置物品經歷其生命週期階段並進行里程碑審查時，更新估算。

保持良好的購置物品成本基準作為成本超支的前瞻性指標非常重要。成本估算必須在購置物品內容髮生變化時更新，並與估算基準相一致。通過對提議的計劃替代方案進行成本估算，購置物品辦公室可以確定替代方案的成本影響。

有效的計劃和成本控制需要在完成時對成本估算、預算和預計估算進行持續修訂。制定成本估算不應該是一次性事件，而是一個經常性的過程。大多數程序，尤其是開發中的程序，不會保持靜止；它們往往會隨著程序的自然演變而變化。然而，在批准變更之前，應該檢查它們的優勢和對項目成本的影響。如果變更被認為是值得的，則應對其進行管理和控制，以使成本估算基準持續代表新的現實。

3. 聯合成本和進度置信水平(Joint Cost and Schedule Confidence Level ,JCL)分析

聯合成本和進度置信水平 (JCL) 是對成本、進度、風險和不確定性的綜合分析。JCL 的結果表明購置物品成本等於或小於目標成本以及進度等於或小於目標完成的概率。

通常, 可靠的成本估算要求是:

- 包括敏感性分析, 根據不同的主要假設、參數和數據輸入確定一系列可能的成本;
- 包括風險和不確定性分析, 量化不完全理解的風險並確定改變關鍵成本驅動假設和因素的影響;
- 對主要成本要素採用交叉檢查或替代方法來驗證結果。

概率成本加載進度表 (PCLS) 的開發是主要開發 JCL 的方法。這種方法要求購置物品和審查實體關注購置物品的計劃, 從而通過系統地整合成本、進度和風險產品和流程來改進購置物品計劃。它還促進了利益相關者對期望和滿足這些期望的可能性的透明度。最後, 它為購置物品實現成本和進度目標的能力提供了一個有凝聚力和整體性的畫面, 並有助於確定成本。

3.1. JCL 流程

成本和進度的儲備 (或 UFE), 以實現所需的置信水平。

本節概述了 JCL 流程、輸出和使用。

本節對 JCL 過程進行了廣泛的概述。一般來說, 構建 JCL 有五個基本步驟和一個先決條件:

0. 確定 JCL 分析的目標。
1. 制定一個總結分析計劃。
2. 將成本加載到計劃活動中。
3. 納入風險清單。
4. 進行不確定性分析。
5. 計算並查看結果。

以下將引導經由一個簡單的說明性示例, 描述 JCL 分析過程中的每個關鍵步驟。

3.1.1. 零步: 確定 JCL 分析的目標

如前所述, JCL 是一項政策要求, 但它也可能是非常有價值的管理工具。必須滿足某些質量標準才能滿足政策要求。但是, 根據 JCL 分析的目標和期望, 成本估算人員可能希望設置 JCL 分析以協助其他產品和流程並與之協同。在設置 JCL 流程 (尤其是時間表) 時, 重要的是要考慮 JCL 應該回答哪些問題, 主要用戶和受益者是誰, 以及 JCL 應該提供哪些基本見解。

3.1.2. 第一步: 制定總結分析計劃

整個 JCL 分析的支柱是包含明確定義的時間表活動和邏輯網絡。出於這個說明性示例的目的, 假設一個購置物品已經建立了一個非常簡單的時間表。顯示了一個簡單的計劃, 其中包含兩個並行活動流程, 一個包含三個工作要項, 一個包含兩個工作要項, 集中在一個集成工作要項上。一旦該集成工作

要項完成，購置物品就完成了。

3.1.3. 第二步：將成本加載到計劃活動中

一旦建立了準確描述購置物品工作流程的穩健計劃，下一步就是對計劃進行成本加載。成本加載是通過將成本映射到計劃來完成的。成本數據可以通過工作分解結構進行匯總，以幫助進行映射。

為此，請將成本分為兩個特徵：時間相關 (TD) 和時間無關 (TI) 成本。TD 成本定義為與工作要項持續時間直接相關的成本。TD 成本隨著持續時間的增加而增加，隨著持續時間的減少而降低。成本可能與時間相關，因為它們是開銷，例如要項管理，或它們代表在工作要項期間保持固定的資源。後者的一個例子是支持一個測試活動。

TI 成本代表其成本不受總持續時間變化影響的活動。TI 成本不受進度延誤或壓縮的影響。

3.1.4. 第三步：納入風險清單

到目前為止，進度表代表購置物品的基線計劃（成本和進度表）。所有持續時間和成本假設都可能在計劃中嵌入風險緩解（成本和進度），但風險管理系統的風險實現尚未納入。傳統上，購置物品將利用他們的風險管理系統來幫助完成這些風險工作要項；但是，JCL 分析不必受限於當前在風險管理系統中管理的內容。例如，可能有一個計劃風險沒有“進入”風險管理系統，但仍然是購置物品經理關注的問題。JCL 分析允許購置物品對這些風險的計劃後果和預期價值進行建模。

3.1.5. 第四步：進行不確定性分析

執行 JCL 的第 4 步是識別和實施不確定性。到目前為止，在 JCL 過程中，JCL 結果的主要驅動因素是定量風險分析及其對成本加載進度的影響。

雖然風險評估提供了可能導致購置物品超支的潛在未來事件的時間快照，但它沒有考慮能夠推動成本和進度的兩個關鍵方面：

- 不完整的風險登記冊：儘管持續風險管理 (CRM) 流程旨在創建盡可能全面的風險登記冊，但它是預測所有可能增加成本或進度的事件是不現實的。
- 基線估計的不確定性：完全不考慮風險，不可能預測完成購案、開發和生產的各個部分所需的時間或預算。

通常，不確定性是使用三角分佈建模的。低價值代表不確定性的低極值，中間值代表成本或持續時間的“最可能”值，高值代表不確定性的高極值。請注意，基線計劃可能不是這些數字中的任何一個（低、中、高），但應在低和高的範圍內。

4. 決策支持分析

除了製定成本估算外，成本估算師也是提供決策支持的關鍵因素。在購置物品的整個生命週期中，購置物品人員必須做出許多選擇。無論這些決策採取 LCC 分析、工程交易、架構選擇還是可負擔性評估的形式，決策者都希望成本估算通過數據幫助這些選擇。

本節概述了通常用於指導決策者的分析方法。這些方法分為以下五類：

1. 敏感性分析；
2. 交易研究；
3. 負擔能力分析；
4. 成本作為自變量 (CAIV)；
5. 經濟分析。

5. 範例—不銹鋼容器製造成本分析

本報告介紹了某高壓鋼容器技術的成本分析結果。基於詳細的、自下而上的方法開發了一種成本分析範例，該方法內容謹就考慮容器製造步驟中涉及的材料和勞動力成本。

特殊的鋼製容器設計鋼製容器的外殼部分是分層結構。直接暴露於高壓氫氣的最內層由奧氏體不銹鋼 (例如 AISI 316L 或 304L) 製成氫脆和滲透屏障。其他層由高強度低合金結構鋼 (例如，ASTM SA724)，大約是不銹鋼成本的 25%。

這項技術的顯著特點包括：

- 多層、多道次摩擦攪拌焊接 (FSW) 工藝，用於鋼容器的自動化製造。
- 不銹鋼容器的成本估算模式

不銹鋼容器製造成本是根據詳細的、自下而上的該方法考慮了容器製造步驟中涉及的材料和勞動力成本。此外，成本研究僅考慮可以在現有的美國製造設施中輕鬆製造而無需購買/升級重大資本設備的 SCCV。換言之，製造技術目前在美國已經商業化，或者只需要增量/短期開發。例如，由一塊鋼板製成的鋼頭端板僅限於上層厚度為 6 英寸，這是典型的美國頭部端板製造設施可以處理的最大厚度。最後，不包括材料和人工成本的或有費用，通常考慮到每個訂單只有一小產量。

分層鋼容器成本估算

圖 2 說明了分層鋼容器的製造工藝流程。這首先確定每個主要製造步驟的材料和人工成本，然後合併到鋼容器的總成本中。出於說明目的，考慮以下示例：

- 鋼製容器內半徑：39”
- 鋼瓶殼長度：17.5 英尺
- 鋼製容器厚度：4.25”

在下面的圖 2 中，鋼頭端板的製造包括兩個步驟：

- (1) 形成低合金鋼板，以及
- (2) 包覆奧氏體不銹鋼襯裡。

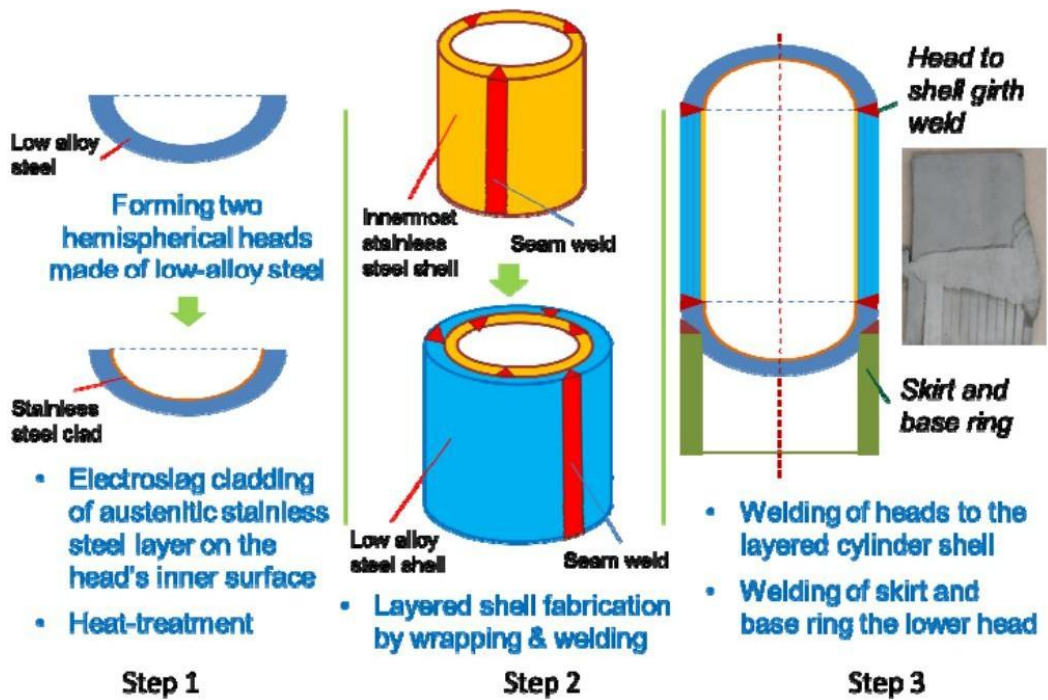


圖 2. 不銹鋼容器的主要製造步驟

基於供應商報價的鋼頭端板成型單價如預期的那樣，鋼頭越厚，單價越高。鋼頭製造的第二步是奧氏體不銹鋼襯裡的熔覆，用於不銹鋼襯裡熔覆高產工藝，電渣帶熔覆。考慮到不銹鋼襯裡厚度為 0.177 英寸，不銹鋼帶材價格為 6.57 美元/磅，包層助焊劑價格為 5.07 美元/磅，則不銹鋼複合材料價格估計為 70.41 美元/平方英尺。

此外，熔覆所需的工時可以通過將不銹鋼內襯重量除以電渣帶熔覆的沉積速率來估算。選擇 48.8 磅/小時的沉積速率是為了最大限度包層的工時地減少由於基底低合金鋼熔化而導致的不銹鋼襯裡的稀釋。簡而言之，計算如下：

- 0.177 英寸厚的不銹鋼襯裡的重量 = 514 磅
 - 覆層工時 = $514 \text{ lbs} / 48.8 \text{ lb/hr} \times 1.25 = 13 \text{ 小時}$
- (注意：係數 1.25 用於說明額外的工時需要在熔覆過程中旋轉頭部。)

與頭部製造相關的其他人工包括 3 小時用於覆層前的噴砂和 11 小時用於覆層的設置。因此，每頭包覆不銹鋼襯裡的總工時估計為 27 小時。

Table 5-1. Bill of materials and corresponding prices for the steel vessel

<u>Item</u>	<u>Material</u>	<u>Weight</u>	<u>Unit price</u>	<u>Price</u>
Two hemispherical heads	SA537	30,704 lbs	\$2.35/lb	\$72,155
Shell (low-alloy steel)	SA724	71,200 lbs	\$1.01/lb	\$72,062
Shell liner (stainless steel)	Roll-bonded 304L on SA516	7,872 lbs	\$2.38/lb	\$18,736
Base support subassembly:				
Skirt	SA516	6,774 lbs	\$1.00/lb	\$ 6,774
Base top ring and gussets	SA516	2,764 lbs	\$1.27/lb	\$ 3,499
Two nozzles (H2 in and out) paint, etc	SA336	576 lbs	\$4.00/lb	\$ 2,304 \$ 1,840
Total				\$177,370

Table 5-2. Labor hours needed for fabrication the steel vessel

<u>Item</u>	<u>Labor hours</u>
Machining of two heads	12
Electroslag strip cladding of two heads	54
Heat treatment of two head sub-assemblies	18
Assembling and welding of stainless steel shell liner	223
Assembling and welding of low-alloy steel layers	610
Welding of skirt	135
Inspection, cleaning and testing	114
Transport (within the fabrication facility)	106
Others (installing nozzles, sandblasting, painting, etc.)	153
Total	1,425

上列 Table 5-2 總結了製造鋼製容器的工時(labor hours)估算。這些估計的工時基於行業標準實踐和 Global Engineering and Technology LLC 過去的項目經驗。組裝和焊接不銹鋼內膽和分層鋼殼構成了大部分人工成本。

Table 5-3 . Manufacturing cost for the steel vessel with inner radius of 39", wall thickness of 4.25" and cylinder shell length of 17.5 ft

<u>Item</u>	<u>Cost</u>
Bill of materials (from Table 5-1)	\$ 177,370
Labor (from Table 5-2 and with a labor rate of \$75/hr)	\$ 106,903
Consumables for cladding of head liner	\$ 9,586
Welding consumables (e.g., rod and gas)	\$ 9,200
Engineering and drafting	\$ 1,000
Total	\$ 304,059