

含製程技術訣竅的工程基本設計內容與方法

核能科技協進會 首席顧問/陳勝朗

關鍵詞：製程技術訣竅 基本設計內容 基本設計方法

一. 前言

建廠工程設計作業一般分為三個階段：1. 概念設計(或為可行性研究), 2. 基本設計, 3. 細部設計。其中, 基本設計的特性及實際需要, 依行政院公共工程委員會頒布〈機關委託技術服務廠商評選及計費辦法〉第6條第1項第一款規定, 基本設計工作就下列服務項目擇定之⁽¹⁾：

- (一) 規劃報告及設計標的相關資料之檢討及建議。
- (二) 非與已辦項目重複之詳細測量、詳細地質調查、鑽探及試驗及招標文件所載其他詳細調查、試驗或勘測。
- (三) 基本設計圖文資料：
 1. 構造物及其環境配置規劃設計圖。
 2. 基本設計圖。如平面圖、立面圖、剖面圖及招標文件所載其他基本設計圖。
 3. 結構及設備系統研擬。
 4. 工程材料方案評估比較。
 5. 構造物型式及工法方案評估比較。
 6. 特殊構造物方案評估比較。
 7. 構造物耐震對策評估報告。
 8. 構造物防蝕對策評估報告。
 9. 綱要規範。
- (四) 量體計算分析及法規之檢討。
- (五) 細部設計準則之研擬。
- (六) 營建剩餘土石方之處理方案。
- (七) 施工規劃及施工初步時程之擬訂。
- (八) 成本概估。
- (九) 採購策略及分標原則之研訂。

二. 製程工廠基本設計的目的

通常, 製程工廠基本設計的主要目的有下列三方面：

1. 為將實驗室研發所得技術訣竅予以工程化, 也就是以工程要求的文件格式方式表現出技術所在;
2. 為提供技術移轉(TECHNOLOGY TRANSFER PACKAGE)顯示出具有的完整資料內容;
3. 據之可供為工程顧問公司進行細部設計工作之基礎, 俾將所需設備組件及設施予以工業規格化, 爾後可視投資要求而隨著進行組件的採購、安裝及廠房設施的建造工程。

三. 基本設計的作業內容

關於基本設計的作業內容事項, 包含: (一). 主要關鍵工作內容, (二). 所採用的工業設計標準, (三). 用於監控和數據採集 (SCADA) 系統的類型, (四). 計算機程式的提供, (五). 物料和設備參考供應商資訊的提供, (六). 環境和安全許可要求資料的提供, (七). 操作和維護的內容資料提供等, 分別說明如下:

(一). 主要關鍵工作內容

製程基本設計作業圖件和報告文件代表技術訣竅所有者的工作作業指南。

表一 所示為較詳細完整資料要求的主要關鍵工作範圍組成部分的內容清單, 也是提供要接受技術移轉的承接設計工程建設業主方, 瞭解需要設計什麼, 以及希望如何完成工程設計, 同時, 也讓設計工程建設方據之進行細部設計、設備組件採購和施工安裝。但在工作範圍內較少涉及設計理念、設計標準、執行計劃、可交付成果的格式或商業條款。因此, 負責編製此類文件的業主工程師也必須關注所有下列專案計畫:

- 工廠生產的產品規格
- 要使用的製程技術
- 製程控制理念
- 專案計畫合同
- 製程設計可交付成果及其格式
- 原料和主要設備供應商
- 環境、安全以及桶槽和結構設計標準要求

- 廠房運維理念
- 通信系統

表一. 中所示的預定提報或提供交付技術移轉的基本設計工作成果的內
容清單、格式的細節需要在文件中明確說明。如表所示，可交付成果中的一項
應該是輸入/輸出圖，它定義了該工廠的主要輸入（什麼原料及其規格、什麼公
用設施以及其他生產輸入，例如添加劑和催化劑），以及主要產出。該格式通常
涉及以下標準和指南等方面：

- 標準化的工程製圖符號
- 設備編號和標籤命名法
- 儀表和控制符號
- 散裝的識別單位（散裝設備代表大量購買的簡單硬件，沒有特定的設
備號。
- 這些項目通常包括逆止閥、取樣閥和排放閥、管道、開關、照明、人
行道和欄杆、電纜及其外殼。非設備物料表示工作中需要購買和消耗
的其他材料，例如混凝土、瀝青、結構鋼和鋼筋、絕緣材料、塗料和
焊條）。

基本設計文件的另一個關鍵組成部分是一個搭配列表，其中顯示可用的設
施、可用的確切位置（特定位置的限制）及其功能。現有設施可用性應包括以下
項目：

- 備用基礎設施容量
- 備用公用設施容量
- 備用油箱容量
- 消防用水的可用性和壓力
- 飲用水可用性、壓力
- 製程用水可用性、壓力
- 原水和/或海水的可用性和壓力
- 鍋爐給水可用性、壓力、成分（TDS、電導率）
- 可用的蒸汽流量、壓力和過熱度
- 惰性氣體和儀表空氣的可用容量和壓力
- 燃氣和燃油可用性和壓力
- 電力系統可用性（變電站位置、容量、電壓、相位、頻率）

表一. 製程基本設計主要關鍵工作範圍組成部分的內容清單^(2,3)

基本設計工作交付成果的表單	廠區配置圖
工廠產能和產量目標	廠址土木圖（平面圖，混凝土，結構 鋼，道路，排水，管道地上和地下設 施）
原料和產品規格	設備配置圖
方塊流程圖	反應槽及內部構造組件圖
製程流程圖（PFD）	槽桶容量及構造圖
熱平衡和物料平衡計算書	HAZOP 配置
管線儀控圖(P&ID)	維修車間和機具
控制迴路圖	運輸車隊車輛規格
控制室佈局和設備	行政辦公室建築規格
儀控系統規格表	
電氣單線圖	Operation Description
馬達控制中心配置圖和規格	Safety Requirements and Emergency Procedures
製程 & 公用系統管線規格表	Operation test description
分析實驗室儀器規格	

(二). 所採用的工業設計標準

製程基本設計所採用的工業標準由技術訣竅所有者而非委辦或合作設計
機構制定。這些標準包括以下內容：

- 承載軸承標準（打樁、鋪地基）
- 結構性的支持標準
- 結構性的整體標準
- 壓力容器設計標準(ASME)

- 消防標準(NFP, UL)
- 設備標準 (應用 DIN、ANSI 或其他)
- 測試標準 (例如, ASTM)
- 電氣標準 (IEEE、NEC、UL)

表二. 所示為製程系統設備單元設計標準依循規範標準 (Equipment Codes) 情形。

表二. 製程系統設備單元設計標準依循規範標準

設備	設計和製作	材 料	焊工資質和程序	核對總和測試
Pressure Vessels >15 psig	ANSI/ASME B&PV, Section VIII,	ASTM and ASME B&PV, Section II	ASME B&PV, Section IX Part A	ASME B&PV, Section VIII,
Storage Tanks Atmospheric Or 0-15 psig	ANSI/API 620 or 650; ANSI/AWWA D 100 ; ASME B&PV Section X	(As Required by Applicable code)	ASME B&PV, Section IX	ANSI/API 620 or 650; ANSI/AWWA D 100
Heat Exchangers	ANSI/ASME B&PV, Section VIII; and TEMA	ANSI/ASTM and ASME B&PV, Section II	ANSI/ASME B&PV, Section IX	ANSI/ASME B&PV, Section VIII,
Piping and Valves	ANSI/ASME B31.1	ASTM and ASME B&PV, Section II	ASME B&PV, Section IX	ANSI/ASME B31.1
Pumps	Manufacturers' Standards	ASME B&PV, Section II; or Manufacturers' Standards	ASME B&PV, Section IX (as required)	Standard of the Hydraulic Institute

- (三). 用於監控和數據採集. 用於監控和數據採集 系統的類型
 至於在工廠中使用的製程控制原則, 以及要考慮用於監控和數據採集 (SCADA) 系統的類型, 應根據性能或所有者的具體選擇來指定。
- (四). 計算機程式的提供
 此外, 承接設計工程建設業主也有權要求使用行業範圍內的計算機程式來生成工程可交付成果。這種標準化的一個原因是允許從一個程式包到另一個程式包的計算機化翻譯。該權利涉及用於規劃和調度、成本估算、技術設計、管網分析、技術模擬、計算機輔助 2D 和 3D 設計以及書面報告準備的程式。
- (五). 物料和設備參考供應商資訊的提供
 至於, 關於參考供應商資訊方面, 可向承接設計工程建設業主提供首選或批准的供應商名單, 前提是這些供應商的產品需符合國際公認的工程標準 (API、DIN、EU、實例)。再者業主為每種主要設備提供至少三個首選供應商, 以避免涉及壟斷定價或專有設備設計的問題。
- (六). 環境和安全許可要求資料的提供
 需要指出涵蓋環境保護的現行法律標準。這些要求也必須由所有者詳細說明。關於安全, 設計標準和用於確保本質安全設計、構造和操作的程序將由所有者指定。
- (七). 操作和維護的內容資料提供
 技術所有者需要將操作和維護 (O&M) 理念提供承接設計工程建設業主, 以反映在製程設計中。這一理念的組成內容包括:
- 計劃周轉之間的預期運行時間
 - 平均故障之間的預期設備運行時間
 - 不需要控制的自動儀表水平

- 備用線上(online)設備
- 備用離線設備
- 設備驅動選擇和理念
- 配備不間斷電源(UPS)的設施

四. 基本設計運作方法概述

通常擔任技術所有單位的方法工程師如何領頭和協同各其他專業人員(機電儀土品保等等)將研發製程技術訣竅資訊予以工程化,進而可供後續設計建廠、購置工業裝備及施工,甚至推展技術轉移,即須編製妥善的基本設計工作,以顯現技術訣竅的完整性、可用性。

製程的設計運作方法主要包含兩方面工作:

- 一者為各相關專業工程本身的專業設計技術,其中如設施或組件計算、型式選擇等,由於其專業工程技術在各相關科系均為重要課程講授,故不予贅述。
- 另者為各相關專業工程人員間團隊的作業互動系統化關係之運作方法。就建廠計畫整體設計作業的有效推展工作而言,後者之技術方法也是同等重要的。其詳細作業互動系統化關係之運作方法,請參考作者《建廠工程基本設計方法概論》內容說明。

結語

據瞭解,國內大學化工系的程序設計課程,較少涉及提供既將從事化學工程師者瞭解,有關如何顯現自立研發技術訣竅的完整性、可用性的技術資訊予以工程化。其中如:設計作業內容是甚麼?設計依據考量為何?如何協同各專業人員將研發製程技術工程化?作業時各專業人員工作投入先後及互動關聯性為?系統設計作業程序上應如何整合?設計結果應輸出的各類文件(包含供為設備採購或發包施工依據者)格式內容應如何才週延?

期望本報告對有興趣者具有參考意義。

參考資料

1. 依行政院公共工程委員會,〈機關委託技術服務廠商評選及計費辦法〉
2020.9.9
2. Anthony Pavone, SRI Consulting, How to Prepare a Process Design Basis, CHEMICAL ENGINEERING, JUNE 2006
3. 陳勝朗,《建廠工程基本設計方法概論》,科技圖書股份有限公司出版,
2000-7