



## 第 1 章

# 成功設計



本章介紹為電子產品設計外殼,並定義了"成功設計"。

我們將討論設計師在產品要求設置中的作用,設計師在產品需求設置中適合整個產品開發圖景、溝通的重要性,以及開始設計時需要考慮的初始因素。

在開始之前,讓我們簡要地定義我們談論"電子產品"時的含義。該產品中具有電路板,通常具有一些輸入/輸出設備,如 LCD。電子產品的例子包括手機、數碼相機和超聲波牙刷。

電子產品外殼是環繞和支援電路板的專案。**enclosure** 是使設備可供消費者使用的原因。外殼出於多種原因是必要的 - 保護電子裝置(電路板和 LCD)免受環境或物理顛簸(如掉落產品)的影響。外殼允許通過鍵或按鈕訪問設備的輸入資訊,並允許從設備傳輸資訊。外殼提供結構,以便支援和保護電路板邏輯。

近年來開發的一些效果非常大的產品外殼的例子包括蘋果 iPhone 7 或 HP Spectre 筆記型電腦(兩者,大約 2016 年)。

從本質上講,外殼的成功設計將是設計符合產品 **written** 規範(規格)且已在所設置的成本和時間參數範圍內完成的設計。現在,讓我們開始探索這些外殼的設計過程。

## 1.1 設計指南

本文 **for the** 旨在放置在單個參考中,這是 *電子產品外殼成功機械設計的設計指南*。

©斯普林格國際出版股份公司,斯普林格自然 2019

1 的一部分

T. Serksnis, 設計電子產品外殼, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69395-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69395-8_1)

讓我們細分上述句子的一些單詞,以便進一步定義(在其子主題中定義了"成功"一詞)。

### 設計指南

本文是起點,參考點。設計師將在工作中使用許多指南;本文旨在提供一般說明,用於增強設計師的整個過去體驗和他們目前組織的既定流程。

## 電子產品外殼(EPE = 電子產品外殼)

電子產品由產品的外部 and 內部結構元素組成。它包括用於使用者介面的任何硬體、用於連接電纜的任何連接器,以及用戶實際感覺和看到的任何元素。許多電子外殼包含一個或多個 PCBA(印刷電路板元件),這些模組必須受到保護,免受正常使用的嚴格程度的影響。

外殼可能非常簡單,或者具有數千個獨立部件非常複雜。designer 的首要任務之一是定義他們正在設計的"系統",這將在後面的章節中介紹。術語"封閉"(在本文中)將位於頻譜的較不複雜的一端,所解釋的方法可以擴展到更複雜的設計情況。

## EPE 設計師

這是負責電子產品外殼設計的人員。在許多情況下,它是一個機械工程師,但它可以是個人有機械工程的背景或誰有學科的經驗。優秀的 EPE 設計器具有以下特徵:

- 能夠瞭解並遵守產品規格
- 能夠新增到並協助建立產品規格
- 為產品帶來的問題創造創造性的解決方案

因此,EPE D 簽名者必須既具有創造性,又能夠遵循專案的主要目標。

## 1.2 定義整個團隊

本節的目的是表明工程(特別是機械工程)不是由他們自己設計產品,它們肯定是團隊的一部分。整個團隊的特點是,團隊可以:

- 小尺寸或大尺寸
- 位於一個地點或分佈於全球
- 資源有限或幾乎無限的資源
- 擁有最新的工具,或不
- 出於各種實現目標的原因

### 1.2 定義整個團隊

- 經驗變化

整個工程工作在幾個學科中融合了設計。這些學科包括:

- 電氣工程
- 軟體與韌體專案
- 機械工程(包括結構和熱)
- 工業工程
- 系統專案

因此,我們認識到機械工程只是電子產品整體工程設計的一部分,許多決策都是與其他學科合作做出的。當代產品設計應平衡生產發佈產品的所有因素之間的各種權衡。

事實上,整個工程工作(所有學科從 Sect. 1.2)只是產品發佈(銷售)整體努力的一部分。overall

除了工程師在 g 努力,貢獻來自以下組:

每個組定義,然後定義機械設計如何具體地與該組"交互"。所有這些都是為了強調機械設計不是"在真空中"完成的,而是作為多任務產品交付團隊的一部分完成的。

**Marketing(包括銷售輸入)**該組織負責產品定義,即從客戶角度定義客戶想要什麼以及產品將是什麼。此"產品定義"通常採用工程部門將接受作為產品要求的文檔的形式。市場行銷還負責監督特定產品如何融入公司(或公司部門)的整體產品線。

**EPE 設計器**與市場行銷部門進行交互,以努力定義產品如何工作,該功能將如何向客戶展示(用戶介面),以及產品向客戶展示的方式(工業設計)。

**操作(Manufact)**此組織負責單個元件的完全物料流,以及這些部件如何製造、組裝和交付給客戶。如果工程部門的責任是生產生產結果 t 文檔,營運部門應該能夠獲取該文檔,並生產符合產品規格的產品。

**EPE 設計器**通過就零件製造技術、供應商(供應商)產品以及品質/成本/外觀之間的任何權衡做出決策,與運營交叉。

**測試(設計驗證)**本組織負責測試原型設計和成熟設計。這可以通過機械設計組 (itself) 中的資源或為此特定功能的獨立組設置來實現。

**EPE 設計器**通過執行或檢查測試結果與測試功能相交。在產品上進行的測試實際上是產品要求文檔 (PR D) 的一部分,並且必須證明產品通過了該文檔中定義的測試。例如,如果 PRD 指出產品必須存活一米,則必須定義測試,指出注意事項,例如:

- 唱樂專案有多少滴(在測試中)
- 影響項目的面孔或角
- 要進行測試的環境(如環境溫度)
- 統計問題(例如單個項目必須通過測試多少項)
- 測試順序(在各種測試中,該單元將取消 dergo)
- "生存"的定義(測試後功能或外觀的程度)

**品質控制/品質保證**本組織確定各個部件(或整個元件)的可接受性限制是否符合單個產品規格(圖紙)和既定整體公司標準中規範的標準。品質控制將涉及戰術情況,而(公司)質量保證將更關注戰略情況。大多數公司都有各種控制和監測產品品質的方式,當然也涉及客戶滿意度和服務問題。

**EPE 設計器**透過在其文件記錄 n 上指定每個部件的可接受性限制並與此組織相交,並且可以轉到所有元件。通常,可接受性限制的形式是:

- 繪製公差中指定的大小(幾何)控制項
- 圖紙上規定的材料和電鍍規格
- 在繪圖上註明的化妝品缺陷拒絕標準
- 圖紙上所述的功能規範
- 確定零件文檔某些方面的"關鍵"性質。

本組織負責產品的維修、保修和退貨。它們有助於確定設備現場問題的行動方向。

EPE 設計器透過設計產品拆解和維修的合理流程與該組織相交。當然,設計高可靠性的設計將更沒有理由進行維修。也可以提供方法來確定產品的誤用。

專案管理此組織負責追蹤專案:

- 時間配置 = 滿足承諾的格言 = 資源配置

- 優先順序管理(針對單個專案,相對於競爭相同資源的專案)
- 符合產品的規格
- 實現成本目標
- 專案回報狀態

EPE 設計器通過報告機械部件職責的所有單獨生產線項目的時間和資源估計值,與該組織相交。這從產品概念化、設計、原型設計和測試開始,然後一直持續到最終發佈文檔。隨著里程碑的實現,對時間和資源的估計會更新。

這個組中包括的高層管理人員是負責專案並且需要了解專案的人。專案更新將在項目期間的特定時間提供給此組。Upper 管理層將為專案提供領導和願景。

EPE 設計器以間接方式與高層管理人員相交。項目狀態報告在任何時候都是相關的,通常通過專案經理提供。

## 1.3 產品要求

確定成功是滿足(或超過)專案要求的問題。這是一個簡單的陳述,但實際上在相互關聯的方面非常複雜。

如果項目達到其目標,就可以確定成功。這些目標可以在以下書面檔中(一個或多個)中解決。

*產品要求文件 (PRD)* 本文檔可以使用各種名稱(會因公司而異)。基本上,它是一種"合同",試圖規範產品的基本功能。它可以像幾個段落一樣簡單,也可以極其複雜。它可以包含:

- (a) 描述產品將為客戶完成什麼 - 它通常沒有具體說明產品的工作原理。也就是說,關於"如何從這裡到達那裡"的細節並不明確。此描述使用「最終外觀」上的字詞,而不是「內部工作」的詳細資訊。後續文件(或規格)也可以指定產品的 **details**。同樣,珠三角在行銷和工程之間就產品將是什麼達成了協定。珠江三角洲的內容細節可能有所不同。在項目過程中,當元素被修改或添加到中時,它(應)更新。在每次整體產品評審中,應比較設計是否符合珠三角的程度。
- (b) 產品如何與客戶介面的說明。這會包括:
  - 資訊如何向客戶顯示,或資訊如何從客戶到產品。這可以是視覺、聽覺或觸覺。
  - 產品的各種介面,如連接器、開關或按鈕。
  - 用於向客戶提供資訊的標籤或圖示。

- (c) 產品各組件的說明。也就是說,如果產品(正在設計的產品)需要額外的設備或電纜才能在更大的系統中工作,則需要描述"系統"的各個部分。因此,在 e 上需要圍繞本產品(正在設計)的確切內容「繪製一個邊界」。向客戶的「可交付成果」究竟是什麼?
- (d) 表示產品的最終美觀(視覺外觀)。顏色、紋理和工業設計非常指定。
- (e) 產品將同時操作和存儲的環境的清單。這包括溫度、衝擊、跌落、振動、濕度、水出口保護、運輸條件、高度和特定的腐蝕性。
- (f) 產品需要通過的任何標準的清單。這包括安全和監管標準,如安全保險商實驗室 (UL)、用於電磁干擾 (EMI) 的聯邦通信合規性 (FCC) 以及(從字面上)數百種其他合規性標準,這些標準是當今設計世界的真實組成部分。其中一些標準是特定於國家/地區的,而其他標準則在全球範圍內接受。顯然,任何與醫療、食品或兒童玩具有關的事情都將有他們自己的嚴格測試標準才能通過。

內部測試報告這些表示檢測結果為陽性。這些是測試的結果,以表明珠江三角洲的規定已經通過。如果測試尚未進行,則啟動行動計劃以改進產品並進行進一步測試。

來自初始客戶的報告這是"Alpha"或"Beta"測試,其中客戶反饋為正或負。希望客戶從產品中獲得衡量標準價值。當提供這種"真實世界"的反饋時,可以對產品進行合理的改進。「Alpha」測試通常由內部人員進行,他們類比實際客戶,而"beta"測試通常在發貨給實際(付費)客戶之前與現有客戶進行。

### 專案管理報告

- (a) 支出(預期與實際)。這包括工資、資本設備、工具等費用。對支出的監控可以分析專案的真正「回收期」,並更好地預測未來項目的費用。
- (b) 里程碑日期的狀態(預期日期與實際日期):與支出一樣,監控專案實現時間承諾的情況,可以指示專案的真正"回收期"。分析未實現里程碑的位置可以更好地預測未來的專案。

對「成功」的持續分析(隨著產品在現場的成熟)可以通過以下方式進行衡量:

品質保證報告這些包含有關客戶滿意度和保修退貨的資訊:必須迅速解決產品中的任何問題,以保護公司在行業中的聲譽。如果要進行修訂,就必須非常緊迫地實施。因此,如果客戶滿意度達到一定的可靠性水準,產品設計將取得成功。

分析專案所有學科的"經驗教訓":每個專案都將包含本來可以做得更好的專案。應努力持續改進。應該有一種方法從產品設計過程中的每一個人那裡收集飼

料,瞭解哪些專案需要改進。這將提高未來專案的成功率。有關這一主題的更多介紹,載於《章》。13.

預期銷售額與實際銷售額。銷售數位可以表明專案的成功——因為行銷部門已經預測了對產品的需求,工程/運營部將該產品交付給客戶,而客戶確實(確實)對該產品有價值。或者,在相反的情況下,銷售額可能小於 **expected**(預測)。這可能是由於各種原因(例如):

- 產品不是(確切地說)客戶需要的(價格太高/性能功能太低)。
- 產品上市太晚了,也就是說,花的時間太長才進入市場,現在客戶有了更好的選擇。
- 產品上市太早(不夠"早期採用者")。當產品技術與客戶(當時)價值或其他支援 t 病因的不可用不匹配時,就會發生這種情況,這將使此特定產品完全有用。
- 可靠性低。

上述所有原因都應置於"競爭領域"。也就是說,大多數產品在其市場上都有競爭。客戶將根據對性能、價格和品質的需求選擇購買。新技術解決方案必須與舊解決方案競爭。

在產品發佈時提供所有數據以確定產品設計工作"成功"的情況是罕見的。如果出現:

- 里程碑完成日期是無道理的縮短。
- 該設計具有高含量的全新元件。
- 專案的更改(添加)以不可管理的速率發生。

成功的設計被簡單地描述為:

1. 符合規格的功能
2. 按時交付項目時程表
3. 以預期成本交付

當然,專案可能會*超出功能,提前交付*,甚至可能以*更低的成本交付*。這將引起慶祝(儘管一些考試需要研究為什麼"實際"與"可預測"不匹配)。

然而,對於成功的設計來說,上述"簡單陳述"是一些非常大的含義,它們不是*那麼"簡單"*。讓我稍微分解一下上面的三個變數。這三個在若干層面上都是相互關聯的。



### 1.3.1 放大縮小字型功能放大縮小字型功能cation

規格有多種形式。它們可以是書面檔、會議筆記,甚至口頭指示。項目創建規範的方式因公司而異,實際上在公司本身內可能有所不同。此外,您,particular 設計器,可以在整個項目中處於不同階段。因此,工作描述無法向 EPE 設計器展示自身。

雖然 EPE 設計器最終不負責設定完整的排位要求(在規範中),但設計器的輸入至關重要 *critical*。EPE 設計器將負責提供輸入,瞭解設計極限能走多遠。例如,如果產品要求"任意"確定產品的衝擊水準最大為 40 g,EPE 設計人員必須進行一些研究(或一些初始測試),以確定到底可能達到什麼衝擊水準或過去達到什麼水準。因此,40 g 級別最初是「建議的」,EPE 設計器必須同意該級別或提出不同級別的參數。甚至有可能同意 *更高的 g 水準*。同樣,如果規範中的成本目標看起來過於激進,EPE 設計器必須在預算部分做一些"家庭作業",以便向項目規範提供合理的數據。

EPE 設計器關注的重要專案是,在專案的各個成員之間寫下規範和後來的協定(正式或非正式)。例如,假設一般任務是設計可移動磁碟驅動器模組。下面是一些可能導致其"成功設計"的可能方案。

#### 任務(範例):可移動磁碟驅動器模組 方案#1:最小輸入 (對設計器) - 規範的開頭

這將意味著在設計中進展,而不需要比口頭資訊(如上所述)多多少。設計人員可能會繼續找出會影響設計的專案,例如:

1. 要卸下驅動器的次數?是僅僅為了維護,還是更像每天一次,以確保達塔?
2. 模組可以設計多大?
3. 模組(在基本單元中)是否有現有開口?
4. 磁碟驅動器(衝擊程度)是否有衝擊問題?
5. 此模組是否會用於其他基本單元?

這些問題必須被視為一個點,以取得一些協定,設計應該如何進行。現在應舉行正式或非正式會議(溝通),以得到答案,即使目前的答案"目前未知"。

此時要做的重要項目是設計師通過寫下 *is* 有關設計的已知(和未知)來為設計創建自己的"工作規範"。本文件(同樣,您正在創建規範)現在可以根據需要進行多次修訂,每次與項目相關的 *t* 軟管人員同意(此時)。此時的文檔不必長度很大。它可以根據需要簡潔,例如,在我們已經啟動的磁碟驅動器示例中:

專案:磁碟驅動器模組

Auth 或: (設計師)

修訂等級: 1 (日期)

- 設計要求:



- 磁碟驅動器模組將在 20 g 的衝擊負載下工作。
- 磁碟驅動器模組將承受 100 g(非工作)的衝擊負載。
- 磁碟驅動器模組附近的環境空氣最大為 30°C (操作)。

上述只是規範的開始,但隨著已知(指定)的更多內容,設計器可以繼續。設計可以繼續,因為設計人員現在有一些想法,當他們成功,也就是說,如果設計通過測試設計,以確定設計是否通過了規範。在此「方案」中,最少的輸入、具體操作肯定會添加到其中,並且許多參與專案的人將需要審閱和批准規範。但是,設計人員至少可以繼續進行一些改進或顯示一些設計選項。

#### • 方案#2:完全具體

本規範詳細介紹了機械設計的所有要求。(規範實際上詳細描述了設計的所有設計項目,不僅是機械部分,而且我們將在這裡集中介紹機械要求。它將包括:

- 產品描述
- 產品財務
- 產品計劃

它將在其設計要求中包括以下需要的細節:

- 模組可直接插入背板,滿足電源和訊號要求
- 模組在非金屬表面上滑動,便於進入/退出

(再加上一系列其他要求,包括環境、人體工程學、電氣介面、機構批准、所需測試等)

#### • 方案#3:工作規範

此規範(到目前為止)是設計器所遵循的最常見規範。規範的完整性介於"完成"和"不存在"(beginning)規範(情景 1 和 2)之間。在工作規範下,項目經理通常對設計限制有一定的想法,但所有方面都還沒有完全審查出來。規範現在處於"變更控制"之下,也就是說,在專案開始階段,規範會經常更新,任何變更或添加內容都由負有簽名責任的專案人員進行審查。隨著專案成熟,重大變更正受到極其嚴格的審查,因為這些更改會極大地影響專案完成日期和里程碑。

### 1.3.2 按時交付項目時程表

在專案期間準備各種時程表。每個(由專案團隊批准)計劃都是當前 project 計劃「快照」。第一個重要的時程表是用來證明專案合理性的時程表。此時程

表將用作專案的「淨現值」(NPV)。此淨現值項目時程表將包括以下最佳估計值:

- 完成專案需要的人員資源(按給定日期)
- 完成專案所需的資本資源(按給定日期)
- 產品的預期銷售額和銷售價格(如果產品在給定日期前銷售)
- 產品的預期銷售成本(如果產品在給定日期前銷售)

因此,如果專案在預期日期(即計劃當前陳述的日期)完成,則專案具有預期的"值"。

但是,在專案過程中,各種體貼可以更改。它們可以是:

- 技術問題產生於更改原設計的實施。
- 從事專案變更的人員(特定成員或團隊規模)。
- 專案範圍得到修訂(減少或減少)。

## 1.4 素描與細節

- 隨著專案進行,對可變專案元件的成本計算進行修訂。

隨著每個(上面)考慮的變化,專案團隊將開會確定其對整個專案進度的影響,並瞭解它如何影響專案的淨現值。決定繼續使用修訂后的淨現值或對專案進行核活動。通常,隨著專案長度的延長,與延期相關的費用將更多,淨現值將降低。

回到確定"成功"為"按時交付專案計劃",每個專案可以通過剖析時間計劃的任何延長的原因來分析他們是否確實交付了該專案"按時到項目計劃"。如果延期被視為"合理"和"合理",那麼該專案可被視為這方面的成功方案。

### 1.3.3 以預期成本交貨

正如時程表可能發生變化(在上文第 1.3.2 節),產品的成本或設計和交付該產品所需的成本也會發生變化。成本可能會因以下情況而更改:

- 修訂了完成專案所需的人力資源。
- 專案完成所需的資本資源進行了修訂。
- 修訂了產品的預期銷售成本。

因此,正如時程表發生變化,並確定更改是否"合理"和"合理"一樣,專案成本也可能以類似方式發生變化。如果專案成本的變化被確定為"合理和合理",那麼從成本角度來看,專案可以被認為是成功的。

當然,上述三個因素(規格、時間和成本)都需要在專案期間和之後進行分析。第 13 章(繼續改進)探討了確定專案是否可以被視為"成功的"的進一步方面。

有關產品成本核算的更多資訊,載於《工程經濟》第 1.7 節。

## 1.4 素描與細節

EPE 設計器必須知道何時在以下任一模式之間切換:

- **素描**或頭腦風暴:這是一個非常快速的想法階段。它通常是用鉛筆完成的(不要用橡皮,這會減慢思維過程)。沒有什麼是詳細的 - 這一切似乎非常適合這些草圖。規模並不重要,縮放並不重要。稍後會來。獲得他人的反饋。速度是這裡的主要焦點;設計師在紙上得到主要的選擇,以便可以決定幾個 choices 的正號和減號。方向的其他選擇是什麼?起來?下去?側向?
- **細節**:即提供"一定數量的"細節。所需的詳細程度取決於情況的重要性或獨特性。在草圖(phase)中,一切工作,你「掩蓋」的專案,可能是絆腳石。您這樣做是為了加快整個設計過程,但現在在細節模式下,需要進行更關鍵的

分析。在"細節模式"中,您可以精確地找出設計的一些關鍵部分,即設計人員識別為"交易斷路器"的部分。細節通常需要 CAD 設計來提供真實的幾何形狀和縮放情況。同樣,設計評審對於快速繼續沿著商定的去即食路徑進行審核可能至關重要。

我想繼續討論基本佈局,假設我們正在設計一個全新的設計。許多概念將適用於延續或修改設計。此外,我想繼續設計分歧,就好像我們仍處於"草圖階段"。

## 1.5 設計評論

除了在「草圖」和「細節」模式(上圖)之間來回切換外,設計人員需要有一種堅實的感覺,瞭解何時讓設計團隊中的其他人審查或評論他們的設計(無論設計處於哪個階段)。其中一些設計評審非常 **very** 正式,而其他設計評審可能非常非正式。

正式的設計評審通常針對項目計劃上的計劃里程碑進行。他們包括設計團隊的規範成員,並有明確的簽字成員。

非正式的設計評審偶爾和/或自發地進行。它可以很簡單,因為設計師去下一個辦公室,要求同事"看看這個",或召集幾個人之間的簡短會議,設計師覺得已經足夠接近設計問題或有類似的設計經驗。

### 關於設計評審的一般評論:

1. 出席,並注意誰出席會議。
2. 對提出的所有(相關)問題(至少粗略)進行筆記。
3. 可能邀請某人參加設計評審,他不熟悉基本設計。他們可能是公司內不同職能部門的人。有時,此人可以在從不同角度看待問題時添加不同的"取景"。  
**them from a different perspective.**
4. 簡要回顧設計的主要目標。
5. 設計師已經想到了一些想法;沒關係,只是快速通過你的理由。

### 1.6 溝通

6. 有些想法(最初)似乎並不好,或者"點上"不值。只要注意他們,繼續前進;以後您可能看到該值。
7. 您將從設計評審中獲得該值 - 如果您"開放"了它,它總是會發生。感謝參與的人,因為他們給了您他們的洞察力和經驗。
8. 將會議筆記發佈給出席會議的人員和整個項目團隊。這將記錄您和其他人為在設計方面取得進展而要採取的進一步行動。請向設計評審團隊徵求進一步的意見。

## 1.6 溝通

溝通是設計成功的必要條件。這句話本身是站得住座的,但值得進行更充分的討論。

### 1.6.1 通訊目的

溝通的目的是傳達有關設計的資訊。這是必需的,因為該資訊提供問題的答案,記錄設計目前存在,並記錄設計的演變。溝通可以書寫、拍攝或口頭。書面文件的形式是:

- 規格
- 圖紙
- 專案會議說明/時程表
- 筆記本中的筆記
- 特定於項目或計畫的電子郵件(任何數位通訊)

電影文檔是專案程式、測試和事件的攝像機記錄。口頭通信是將項目移動到已完成狀態的任何單詞。所有重要的口頭溝通都需要以書面形式進行,以便專案的所有成員能夠審查這些逗詞。

### 1.6.2 通訊價值

出色的溝通將使專案更加成功。出色的通訊具有以下屬性:

- 準確 – 資訊真實,並由測試/文檔支援。
- 簡潔 – 資訊直接指向點,沒有過多的字。
- 分發給所有需要這些資訊的人。
- 快速 – 資訊快速傳播。
- 提供解決方案 – 提出解決問題的解決方案,從而激勵解決方案流程。

### 1.6.3 通訊鏈中的連結

溝通的目標之一是向需要資訊的人獲取這些資訊。如第 1.2 節所示,團隊可以包括很多學科。電子郵件分發與文檔控制分發一起易於創建。EPE 設計器應在專案團隊中所有相關人員中做出決策,誰對於做出需要做出的決策以及僅出於狀態目的複製的人員至關重要。

## 1.7 工程經濟

不討論工程經濟的基本原則,就不可能完成關於成功設計的章節。"什麼東西成本"是一個至高無上的體貼,在只是任何努力。在許多產品設計中,這將是產品成功或失敗的主要原因之一。第 4 章將討論成本與時間與規範之間的權衡,但現在,讓我們開始討論,指出 EPE 設計器必須能夠提出成本資訊和一些盈虧平衡分析。在參考文獻[1]中,指出「如果一個工程專案要成功地滿足人類的需要,就必須設計和操作

以承諾物理和經濟可行性的方式進行。由於成本非常重要,設計人員需要:

1. 請注意設計的成本目標(針對單個部件和完整裝配體)。
2. 請注意的零件的材料與製程選項。EPE 設計器有責任通過(也許)在功能上做出折衷來提出實現(或減少)成本目標的各種選項。在任何情況下,設計人員都不應在任何安全考慮上妥協。所有選項都必須明確提交給管理層,以便徹底確定任何權衡。這是 EPE 設計師為產品整體設計帶來的最重要創意元素之一。
3. 為材料和工藝提供適合產品整體生命週期的解決方案。某些解決方案可能更適合於早期生產(上市時間非常關鍵),而不是成熟生產。
4. 根據訂購的適當數量,向專案團隊提供成本用法,以便此重要指標始終廣為人知。

### 1.7 工程經濟

讓我們舉一個例子。如第 4 章所示 4,提到了是否"工具"部件的選擇。可以通過在兩者之間選擇(每個情況下每月需要 200 個零件)來分析這種類型的問題

- 選項 A:未加工零件成本為供應商 A 的 5.00 美元
- 選項 B:設計工具零件,讓供應商 T 製造工具。成本估算:工具零件成本為 1.00 美元,工具成本為 4000.00 美元

在什麼時間段,刀具成本和新零件成本將等於舊零件成本?這就是所謂的「盈虧平衡點」。

答:這是很容易計算或繪製的(參見圖。1.1):

$$(\$5 / \text{部分} = "M \text{ 月}" \quad [200 \text{ 件月/} \quad ]) (\$1 / \text{部分} = "M \text{ 月}" \quad [200 \text{ 件/月}] = 4000 \text{ 美元}。$$

"M"顯示為 5 個月。因此,選項 B(工具版本)需要 5 個月才能與選項 A(未工具版本)「盈虧平衡」。5 個月的總成本為:

$$\text{ChoiceA} = \$5/\text{part} \times 200\text{parts month}/ \times 5\text{month} = \$5000$$

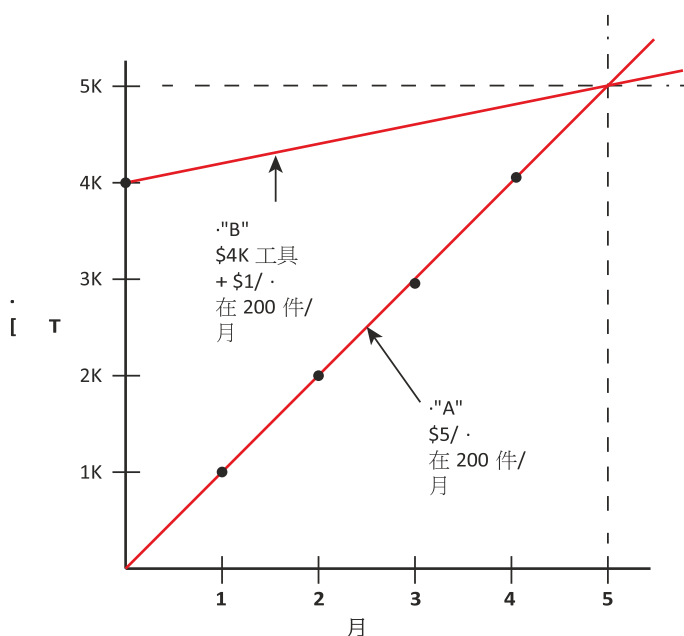


圖 1.1 工具與未工具零件盈虧平衡點

$$\text{ChoiceB} = (\$1/\text{part} \times 200\text{parts month}/ \times 5\text{month}) + \$4000 = \$5000$$

5 個月後,選項 B(工具元件)的總成本將更低。顯然,如果產品生產 5 個月或更長時間,我們將選擇使用該部件。

然而,上述"經濟現實"實際上卻有一些複雜之處。選項 B 成本 (above) 不包括:

1. 設計和記錄工具部件的成本。
2. 投標工具並決定供應商 T 是最好的工具供應商的 cost。
3. 原型設計工具零件的成本(在批准工具零件的繪圖之前)。
4. 獲得工具部件的第一篇文章的成本(我們將在這裡假定第一篇文章已獲批准 - 希望不需要修改工具,因為這將是額外的成本)。
5. 測試工具零件的成本(作為未工具零件的替代品)。
6. "使用"未加工部件並切換到工具零件的成本。(此零件所在的裝配體是否應將日期編碼為註釋轉換?)
7. 工具費的成本。也就是說,該工具的 4000 美元成本實際上價值超過 4000 美元。讓我解釋一下。



如果 4000 美元不給工具製造商供應商,這將是公司賺取利息。"簡單利息"計算所得利息為 4000 美元(2%/葉 ar): $4000 \text{ 美元} \times 0.02/12 \text{ 個月} = 5 \text{ 個月}$ (盈虧平衡時間)=33 美元。但是,這裡的問題可能是:

與僅僅創造 33 美元的簡單利息相比,公司能用 4000 美元做什麼?也許他們可以把它投資到新產品的研發上,這種新產品可以產生更多的錢,或者把錢花在另一個工具上,這樣可以帶來更多的錢。是的,這很簡單。

在上面的七個專案中,設計和記錄工具部件的成本不是微不足道的金額。如果設計、文檔和原型需要 1 週時間,則工具部件可能會為設計師的時間花費 1000 美元(例如,以 1000 美元/周工資)

大多數企業在「盈虧平衡」分析中不會「考慮」上述七項,但在某些情況下值得考慮。

設計師需要熟悉的另一個術語是「投資回報」或縮寫為 ROI。這與前面所說的「盈虧平衡點」類似,但提出的問題略有不同。在上述同一問題(選項 A 和 B)中,問題將提出如下:

4000 美元工具的 ROI 是多少,可以降低 5 美元的計件價格?一旦知道新的工具件價格(\$1),並訂購數位(例如,每月 = 200 件/月),然後  $ROI = 5 \text{ 個月}$ 。因此,基本上 4000 美元的投資回報是 5 個月。

參考

## 章節摘要

Chapter 1 介紹了我們為電子產品設計外殼。由於我們並非只有我們參與此努力,本章還定義了參與設計的其他主要群體及其通常的功能。本章向我們介紹了如何將設計視為"成功",以及設計如何滿足(或超過)產品要求。

本章將我們介紹幾個"設計方案",從"完全定義的"規範到簡約的規範,應有盡有。

我們定義了在「頭腦風暴」或「高度詳細」模式下推進設計的方式。討論了設計評審和一般設計過程中良好溝通路徑的需求。

最後,開始了工程生態學的課題。這將進一步放大在章。4. .

## 參考

1. 泰森 HG, 法布里茨基 WJ, 泰森 GJ。工程經濟,1971 年,普倫蒂斯-霍爾公司,恩格爾伍德懸崖,新澤西州。



## 第二章

# 編譯設計



我們的設計都將從產品的想法開始。這些想法需要被證明,因此,我們將著手構建原型,如果這些原型類型似乎通過測試到某些書面規範工作,我們將通過圖紙記錄我們的設計。我們需要本文檔才能以可重複的方式構建更多產品。

本章將讓我們從只有想法 *f* 或產品的角度,一直以最佳方式放置將構成最終工作設計的所有單個物件 *working*。

我們從"空白紙"開始我們的設計,那張紙將充滿物理物體。第一個令人關切的專案將是,如果文件確實是"空白"的,或者是否有一些開始的限制,則去術語。下一個值得關注的項目是確定要包括哪些物理物件。然後,我們應該假設 *optimal* 這些對像是基於整體設計的目標的最佳放置,因此,我們將以一些詞語來總結我們對該物件放置的選擇。

### 2.1 起點

設計師的任務是繼續對現有設計進行工作,或者開始全新的設計。讓我們花一點時間看看這些起點的區別是什麼。

- 全新的設計:這是設計師的「乾淨板」開始;*y* 基本上沒有約束,除了遵守規範。我們將有一整節關於規範的確切內容及其各種元件。
- 延續(或添加到)現有設計:這是全新設計的變體,但只能 *small* 修改現有設計的一小部分。這裡的設計師有很多相同的挑戰,在全新的設計,但

©斯普林格國際出版股份公司,斯普林格自然 2019

19 的一部分

T. Serksnis, 設計電子產品外殼, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69395-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69395-8_2)

額外的工作必須利用現有的設計。我們將有一個單獨的章節來定義"系統"在此背景下的確切內容。

- 對現有設計進行重大修改:同樣,這是全新設計的變體,但在這種情況下,將修改原始設計的很大一部分。這裏的設計師的任務是改變整體設計的一部分,因此比全新的設計有更多的約束。

因此,瞭解當前設計工作將適合以前完成的工作的位置非常重要。我們的「基本佈局」可以同時進行,也可以不受以前工作的限制。

## 2.2 定義設計邊界:系統tem 描述

定義正在設計的"系統"的幾句話:設計可能極其複雜和龐大(如航天飛機或大型客機)、更小的系統(想想汽車),或者更小的系統,如個人電腦、咖啡機或手機。與其他設備介面的範圍、成本、時間、提交的資源數量以及與其他設備的介面因所有這些設計專案而異。設計人員必須牢記正在設計的系統。這一點很重要,原因多種多樣,其中一些原因包括:

- 關注個人責任(工作範圍)
- 瞭解必須與此設計介面的其他裝置
- 整體「系統」功能(而不僅僅是子系統的功能)

甚至像手機一樣"小"的東西,也是更大系統的一部分。也就是說,消費者購買的框可以包含:

- 手機
- 充電器
- 電纜
- SIM 卡
- 引語手冊
- 其他運輸材料(標籤、袋子、氣泡包裝)

(我們將限制這裡對"系統"的討論,因為人們甚至可以想到一個更大的系統,包括手機塔和衛星系統。

我們從系統去系統開始,因為大多數電子外殼都環繞和支援產品。有時,可以將一種產品視為較大產品的一部分。例如,網路適配器卡(產品本身)可以放入微機(第二個產品)中,然後 form 一個全新的產品,在此示例中,一個可聯網的微機。隨著可聯網的微機本身構成網路的一部分,情況變得更加複雜,而網路可能是更大的產品。

從另一種方式來看,我們可能的任務是只設計一個更大的系統的子系統。因此,我們的"系統"可能甚至不是產品,而僅僅是一個更大的"系統"的一部分,該系統已被分解為(時間)可管理的部分。對於

圖 2.1 系統描述



例如,我們可以負責設計數據記錄器,作為(較大)測量系統的一部分。該系統如圖 2.1 所示。該系統由(至少)三個主要子系統組成:

- 資料記錄器
- 資料記錄器安裝支架
- 測量桿(標記為"極"),包括另一個子系統,資料記錄器支架

實際上,這個"系統"會有更多的單獨部分,包括電纜、運輸容器(箱)和說明手冊(但讓我們忽略這些對於本示例)。作為旁注,圖中所示的系統。2.1 是在華盛頓特區史密森尼博物館出現的一個 Trimble 測量系統的照片。

我們已成為"測量師系統設計組"的團隊成員,並將設計總體設計的 Porti(數據記錄器部分)。

因此,我們的首要任務是確定(指定)我們到底要設計什麼(有點像在項目周圍"築一道籬笆",我們將在給定的時間內負責)。為了完成這項任務,我們需要一個規範。(請返回給 Chap。1 討論規格。

## 2.3 設計程序

### 2.3.1 專案總體開工到專案完成

設計可以 *any* 以多種方式進行。所有公司在整個產品設計流程中都各不相同,但它們確實有一些共同的特點。沒有一種特別的方法是絕對正確的;是最終結果(規範一致性)是衡量成功與否的標準。設計通常以:

EPE 設計器將承擔以下任務的責任的"獅子份額"。他們既是"做者",也是許多所做的事情的"推動者"。如果他們不自己做工作,他們肯定要負責這項工作。

1. 想法草圖- 這是專案的"構思"階段。單詞必須變成這些單詞的圖片表示形式。一旦這個想法採取某種形式,它可以很容易地被審查和修訂。審查小組的一些人需要「圖片」的想法,才能真正看到正在提出什麼。
2. 回顧想法和授權進行原型 - 此操作採取"想法的圖片",並將其轉化為團隊實際可以觸摸的東西。現在,在草圖形式中看起來細膩的東西可以被拾取、持有,用一種客戶使用產品的方式;原型是一個全尺寸的三維圖片。"授權進行"很重要,因為項目和專案通常有限的時間和金錢,因此這些支出必須由團隊同意。步驟 3 和 4(下圖)實際上創建了原型。
3. 原型製作的想法的繪製(文件創建)- 通常,草圖被轉換為數位化繪圖檔,允許設計被製作出來。

*(設計現在將在修訂版 1 中。)* 包括斜體顯示正式檔的"修訂級別",在 Chap 中進一步擴展。12.

4. 原型製造(物理部件) - 專案團隊將確定生產原型的成本和時間限制。有些問題,只需要一個"快速和骯髒"的原型才能取得良好的進展;有時需要一個符合嚴格規範的原型。EPE 設計器應該對這個發展階段的需求有很好的觀點。
5. 原型分析和測試 - 一旦團隊收到原型,就會進行測試,看看原型如何符合規範。項目團隊確定需要執行哪些測試才能在測試後要如何進行。
6. 審核原型和測試結果 - 團隊對測試結果進行審查,並提出修訂建議。

*(假設修訂版 1 需要改進,我們將將設計修訂為修訂版 2。)*

7. 更改以改進原型(繪圖和原型) - 這是反覆運算過程的開始,最終將導致設計符合產品規範。
8. 進一步分析和測試修訂版 2

*(假設修訂版 2 符合產品規格。)*

9. 最終檔案製作/最終測試/網路審查
10. 生產版本設計正式批准

### 2.3 設計程序

請注意,上述過程中的"生產版本"允許生產"一定數量的"單位,以便銷售給客戶,或作為更多單位的測試程式。公司在為客戶發佈和測試其產品的程式上可能在許多方面有所不同。另請注意,大多數專案的修訂數比所示的兩個修訂數多得多,但專案通常如所示繼續進行。

### 2.3.2 EPE設計師的起始注意事項

沒有「絕對正確」的方式來繼續 EPE 設計。每個案例都有自己獨特的最佳方法,可以取得可見的、所需的進度。有時,一個原型,在幾天內放在一起,c 火花一個令人難以置信的新產品突破市場。在其他情況下,制定幾種可能的解決辦法的系統化辦法,需要幾個月時間才能組合起來,這可能是最好的途徑。話雖如此,以下大綱至少應證明對設計是有用的。

1. 確定與負載沒有直接關係的解決方案的使用和要求。其中一些更重要的要求是:

- (a) 環境 – 產品將在哪裡使用?例如辦公室/外門/在 altitude/車輛上。
- (b) 溫度 – 環境的溫度極端程度是多少?
- (c) 預期使用壽命 – 一次使用、保修年數、服務?
- (d) 成本要求 – 始終是一個重要的考慮因素。肯定會取決於生產單位的數量和工具預算。
- (e) 表面要求 – 化妝品細節可以極大地影響成本。
- (f) 尺寸和重量限制 – 行業中當前解決方案的界限是什麼?影響設計師選擇的材料/製造技術。
- (g) 安全和法規要求 – 產品故障的影響是什麼?

以上所有因素都是 EPE 設計開始時需要考慮的非常重要考慮因素。例如,不同的設計來自室內環境與室外環境。不同的設計產生於預期持續"一次性"的設計與 1000 次使用後需要工作的設計。不同的設計產生於一個設計,需要成本低於 5 美元,而設計成本低於 100 美元。通過上面的每個元素,EPE 設計器可以確定一些初始約束。

2. 確定或估計各個成員(和裝配體)可能需要承受的所有可能類型的負載的工作負載。有必要考慮所有類似負載的利組合,並在可能的情況下確定負載與時間之間的關係。一些可能的負載類型包括:

- (a) 靜態
- (b) 穩態動態(振動)
- (c) 瞬態動態
- (d) 衝擊或衝擊
- (e) 身體接觸,如點載入或摩擦
- (f) 其他載荷,如熱/重力/聲學

上述負載確定也是 EPE 設計非常重要的考慮因素。例如,與 100 磅靜態負載不同,設計產生於 10 磅的 atic 負載。如果這些負載隨時間而變化,這將導致不同的設計解決方案。確定載荷的幅度和類型將直接確定支援電氣元件所需的材料和橫截面形狀。

3. 確定故障機制是什麼。由於載荷是軸向、剪切、彎曲或扭轉,因此會發生變形。可能的故障模式包括:
  - (a) 一般收益(整體無彈性行為)
  - (b) 破裂或斷裂

- (c) Sudden – 易碎材料上的靜態或動態負載引起
- (d) 延展材料上的靜態負載導致速度緩慢
- (e) 漸進式 – 由重複負載(疲勞)引起
- (f) 過度變形
- (g) 屈曲
- (h) 蠕變 = 恆定應力下的變形
- (i) 放鬆 – 在不斷的應變下改變 stress
- (j) 磨損(磨損)
- (k) 腐蝕

通過 EPE 設計器確定其設計將如何失敗(在其當前設計狀態下),可以修改該設計以防止該故障。測試還將揭示一些故障機制。但是,如果在測試之前可以考慮其中一些故障,則可以節省大量開發成本。

綜上所述三個專案,通過確定設計的用例、載入和潛在的故障機制,EPE 設計器可以以可靠的理解基礎繼續進行設計。

## 2.4 最佳物件放置

大多數設計都可以認為是物體在空間的物理放置。各個對象是整個程式集的單獨部分。有些單獨的部件是已知的(它們要麼從另一家公司的貨架上購買,要麼重複使用以前在內部設計的零件)。除了"已知"零件外,其他部件還需要全新設計。這些新部件可以在內部生產,也可以完全由其他公司生產。

電子包裝設計主要包括將子系統安排到最有效的排列中。決定這種安排的第一步是查看子系統的單獨卷。這些卷,以及它們之間清除所需的"間隙",通常會設置"外部邊界",因此,在很大程度上設置產品的總體尺寸。有時,設計人員開始的第一個標準是產品的所有尺寸。從這裏,他們



然後,必須決定它們能否在給定的總體大小內容納所有要求的內容。也就是說,我們的子系統可能確實需要收縮以適應這個給定的總體規模。

基本設計過程的一個方面如圖 2.2 所示。這顯示了一個物體(在太空中)與外殼(顯示為"牆")的距離。我想開始討論電子外殼的設計,說明幾個

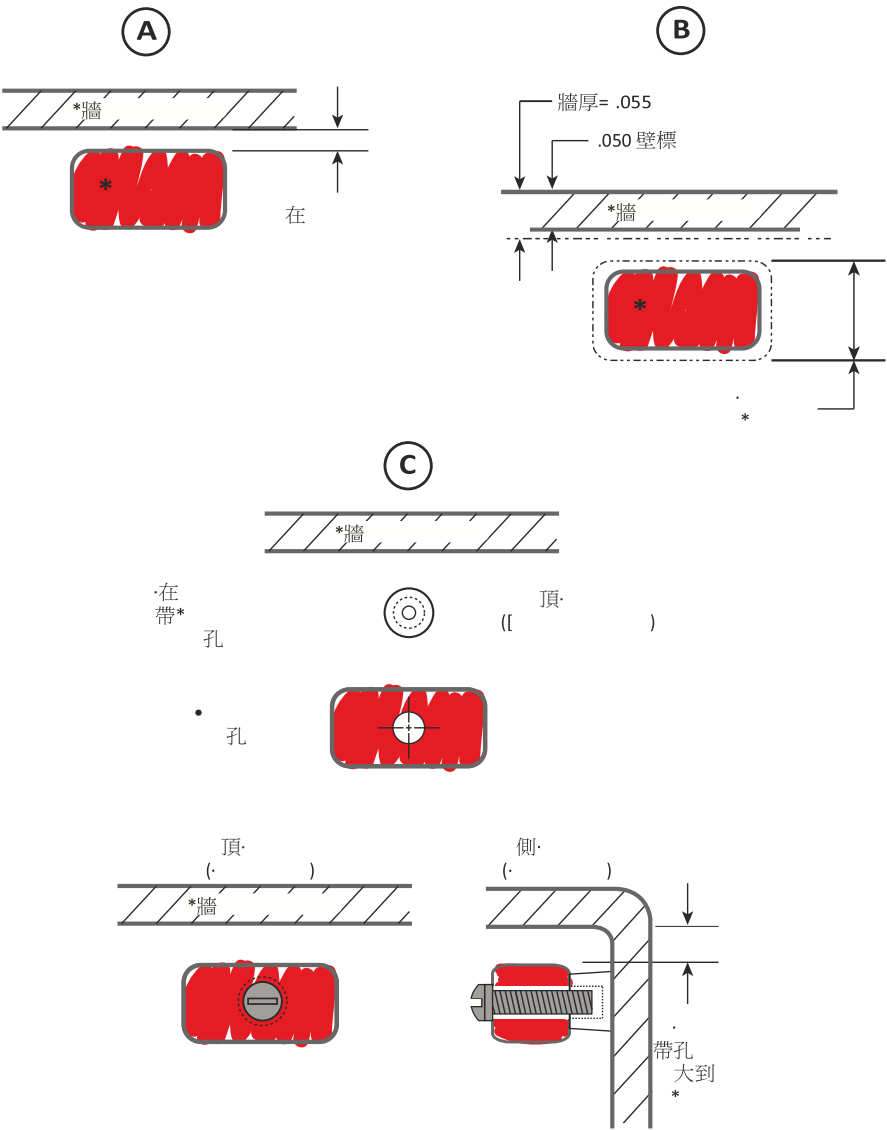


圖 2.2 物體/牆間隙

設計"方案"。討論的大部分內容都是針對 2D(計劃檢視,從上面)的情況,但很容易擴展為包括 3D(側視圖或 Z 方向),我將展示該第三視圖的一些示例:

基本物件/牆間隙:圖 2.2 顯示了對象和牆。"物件"可以被視為任何內容。例如,它可以是印刷電路板元件、汽車發動機或任何電子元件。"牆"可視為表面外的外殼,也可以視為所設計物品的外部外殼。在幾乎每一個設計中,設計師都必須確定"物件"和"牆"之間的距離(間隙)。這裡的想法可以擴展到確定物件 1 和物件 2 之間的距離。這些確定的間隙都不需要彼此相同。X 方向中的間隙可能不同於 Y 方向中的間隙,後者也可能與 Z 方向中的間隙不同。

### 2.4.1 間隙距離是function Of

1. 物件和牆的容差:如果要保持特定距離(例如 0.100 英寸)和標稱整體(外部)尺寸,則設計必須允許:

- 最厚的牆在其極端的容差
- 盡可能極的物體(在物件的容差的極值)

請注意,*reduced* 最厚的牆和最大的物體都減小了 0.100 英寸標稱間隙距離。(另請注意,0.100 英寸標稱間隙距離可以是增加最薄的牆壁和最小的物件。

- 必須考慮「物件」到框的緊固。也就是說,緊固系統允許物件更接近牆壁多少?假設物件有一個簡單的安裝孔,盒子有一個螺紋凸台。物件中的孔將(稍有)大於用於將物件固定到盒螺紋凸台的螺釘。因此,如果緊固件位於護套孔的一個邊緣,則物件可能會更接近牆壁。盒螺紋凸台的位置的位置容差(與箱壁的關係)也必須被視為,因為凸台實際上可能離牆更近(由於製造公差)。通常,這種"緊固公差"可以忽略,但在一些間隙有限的狹小空間設計中,可能至關重要。

因此,就到目前為止的間隙示例而言,僅考慮公差,我們可以具有:

- 壁厚可能厚 0.005 英寸。(與"約束"的整體尺寸,所有這些都將增加框內的壁厚)。
- 物體本身(安裝孔到對象邊緣)可能處於最大位置容差;這可以是 0.010 英寸。
- 由於其位置公差,包裝盒中的安裝凸台可能更接近牆壁;這可能是 0.005 英寸。
- 安裝孔可能比(最小)緊固件直徑大 0.010 英寸,允許增加移動 0.005 英寸。

上述所有 (4) 公差都添加到  $0.005 + 0.010 + 0.005 + 0.005$ ,總計為 0.025 英寸。

腳注:(統計說明)一些設計人員會說明一些統計概率(小於 100%)的情況,即所有 (4) 容差都將朝一個方向移動,並且我們不會(可能)總共 0.025 英寸。

一些保守的設計師會認為,所有的寬容都會朝著"錯誤"的方向發展,因此設計是"最糟糕的情況"。目前,我通常忽略"統計"的公差方法,但在空間極其受限的設計情況下,這種方法可能很有價值。參見分節。4.8 討論:

- 使用 squares 和的容忍
  - 使用蒙特卡羅模擬進行容忍
2. 物體相對於牆的運動(在產品操作期間):這也稱為"搖擺"間隙,即物體可能在操作中振動,而牆可以堅定。
  3. Objects 的生長(在操作期間):這可能是熱膨脹的結果。
  4. 總體(外部)尺寸約束:內部間隙距離將受到整體尺寸的影響。也就是說,給定的總體大小,對象之間的距離將有一定的特殊限制。物件之間的距離將是物件的容差和物件位置的容差上的函數。如果總體大小不受約束(罕見實例),對象之間的物件大小和間隙將決定總體大小。

### 2.4.2 物件排列

設計人員通常通過「高效」排列所有要放入機櫃中的物件來最小化機櫃的整體尺寸。這可以在兩個維度(X和Y)和第三個維度Z中完成。物件的其他排列工作旨在滿足填充裝配、維修、美觀或用戶介面需求。

為了最小化整體尺寸,在對象之間選擇了一些距離。此距離可以首先視為名義距離。然後,可以調整此標稱距離以調整設計。例如,可以假定對象之間的標稱距離為 0.100 英寸(在所有方向)。當然,所有對象之間的間隙大小不必相同。也許物件之間的 0.100"間隙"會產生一個超出產品預期(超過產品規格)的總二分。然後,設計人員將希望縮小 0.100 英寸的間隙-但是,間隙不能小於零,它不能低於任何"最壞情況"問題,例如物件在其大小容差的上端提供或下面探討的其他因素。

然後,設計器檢查以查看機櫃中的所有物件都已放置,並且對象之間的間隙使 Objects 之間的所有干擾都避免在所有環境和設計將存在的用戶體驗下。設計人員還將檢查物件是否可以以「直率」方式組裝到機櫃中,以及產品的服務目標是您持有的。

設計已為設計評審過程做好了準備。

檢查卷(或物件)之間的間隙是:

- 製造公差:給定的"盒子"可以指定為標稱尺寸。但是,一個稍大(或更小)的框結果,即供應商將包裝盒製造到標稱尺寸的允許外部限制。
- 冷卻要求:可能需要將特定部件與另一個部件的最小距離間隔,以便此元件不會受到熱影響到可進入的程度。在某些散熱情況下,必須盡可能靠近(相互連接)部件。

- 裝配和可維修性要求:元件之間可能需要一定的空間,因為需要間隙才能拆卸部件。
- 將來添加產品(選項):計劃添加或產品選項可能需要數量。

回顧我們的初衷,要找到一個距離牆 0.100 英寸的物體,我們可以看到,當我們進入詳細的設計時,我們必須小心這個 0.100 英寸的標稱間隙,(如上述關於公差之討論所示),因為這個距離很容易"縮小"(在最壞的情況下)從 0.100 英寸到

0.100 減去 0.025 ( $\pm 0.075$  英寸)。當然,它也可能增加到 0.100 加 0.025 ( $\pm 0.125$  英寸)。在"草圖"設計階段,我們就不會那麼關心這種一毛錢;同樣,隨著設計進入原型設計階段,它變得更加重要。

此 0.100 英寸尺寸上上述所有濃度均旨在說明對象之間設計了「一定距離」(在本例中為物件和 wall)。在大多數設計中,必須最小化物件的總體大小。這導致大多數設計在對象之間盡可能少的距離。整體尺寸(和最終重量)最小化的設計示例包括計算機外殼、咖啡機或其他家用電器。我們生活在一個較小的尺寸(通常)等同於:

- 重量更小(燃油節省或易用性更好)
- 較小的生態足跡(節省材料)
- 在空間有限的情況下節省空間
- 降低成本(面向消費者或生產者)

在某些情況下,它不是最不 *least* 可能是最小距離。諸如散熱或機械耦合(例如,在齒輪傳動中)等複雜情況肯定會影響物體之間的距離。我們一直在「簡化」我們示例中的設計過程。

因此,對於我們在物體和牆壁上的 0.100 英寸距離 *betwee* 的範例,設計人員實際上會面臨挑戰,以確定這可能是最小距離(例如,如果此距離為 0.050 英寸,則我們的整體產品可能更小)。這個距離會進一步縮小嗎?(請記住我們提出了一個"不確定性"在這個距離的 0.025 英寸。

在設計的「草圖階段」中,準確確定此距離可能並不重要。為了 *overall* 以非常快的方式證明整體設計,點火機可以使這個距離達到 0.125 英寸,並進入縮小這個距離的細節,因為設計證明取得了一些成功。壁厚通常具有以下功能:

- 產品操作所需的強度
- 產品的重量約束
- 製造基奇

壁厚不必是"恆定"的,也就是說,它可以通過添加肋骨或古布組或可能允許厚度局部變化的製造方法而變化。

2.4.3 物件排列示例(圖 2.3)

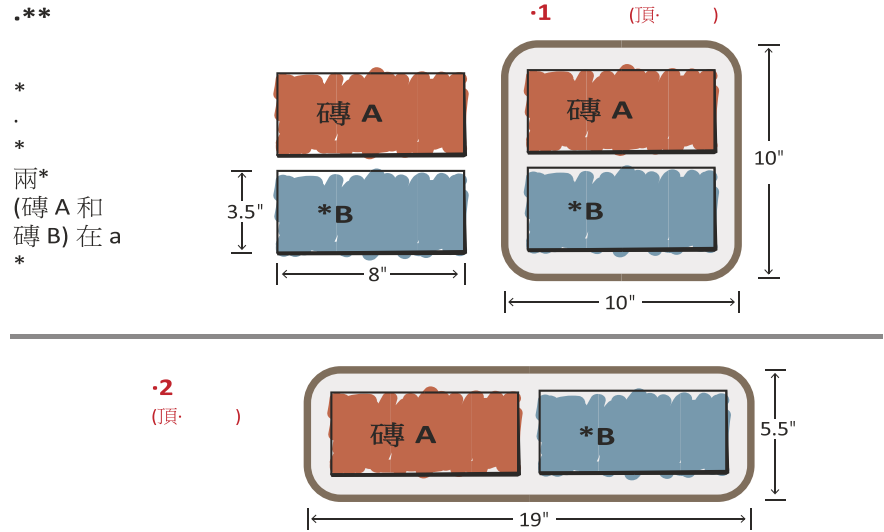
到目前為止,在我們討論兩個物件(一面牆和一個物件)時,我們只用兩個維度簡化了討論。我們將在本節中展開三個維度。讓我們進一步舉一步。讓我們來看看幾個 ways,以定位一個儲存模組內的兩個物件,看看我們有什麼選項。就本示例而言,假設這兩個物件都是「磚塊」(字面上是一塊磚),其近似尺寸為:

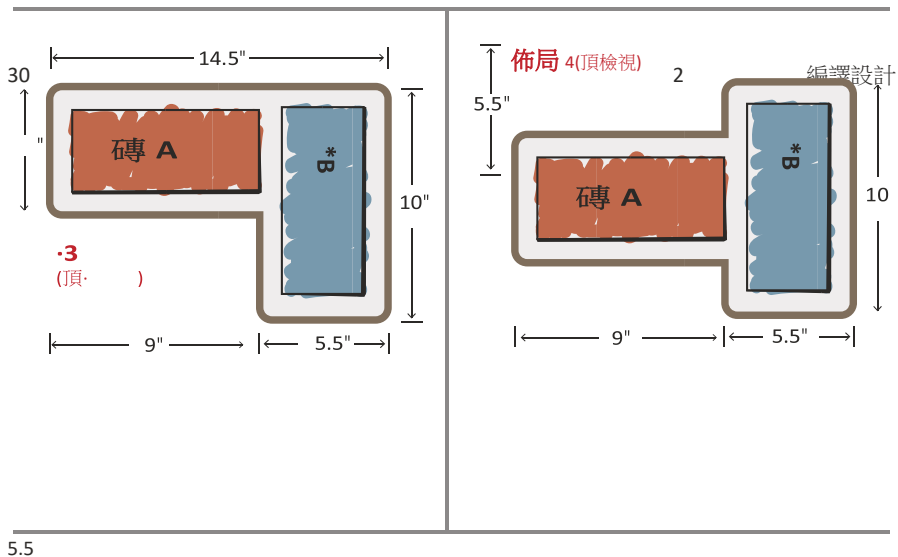
- 2.5 英吋厚
- 3.5 英吋寬
- 8.0 i 圈長

在我們的 2D 示例中,我們將忘記"厚度",只需使用 3.5 × 8.0 寬度和長度尺寸。因此,我們基本上有一個矩形,是 3.5 × 8.0。(我們將回到 3D 示例,進一步,因為這為我們增加了更多的選擇。參見圖 2.3.

現在,假設我們在設計中的基本出發點是將兩塊磚(磚 A 和磚 B(兩個尺寸相同)安置在外殼中。初始點,我們沒有限制:

- 外殼的大小或元件
- 外殼材料成本





5.5

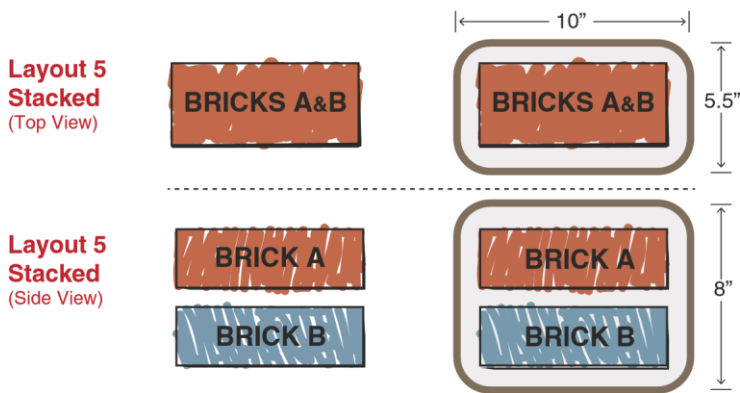


圖 2.3 最佳物件放置

我們可以很容易地設想(至少)五種不同的方法來定位磚 A 和磚 B 相對彼此,產生非常不同的外殼。當然,有五種不同的方式,但我選擇了標準的"笛卡爾"排列的磚塊,其中它們是平行的或相互的。讓我們來看看這五個不同的佈局,並評論一下為什麼一個人可能有一些優勢(比其他佈局)。在磚 A 和磚 B 之間假定一個恆定的一英寸,並且假定相同的一英寸間隙是 betwe 的磚和牆(側面、頂部或底部)。

- 佈局 1:沿寬度並排的磚 A 和磚塊 B

- 佈局 2:磚塊 A 和磚 B 沿長度對齊
- 佈局 3:磚 A 和磚 B 在"L 形"
- 佈局 4:磚 A 和磚 B 在"T 形"
- 佈局 5:磚 A 和磚 B"堆疊"(3D 版本 – 這是使用"第三維"的唯一佈局)

現在,讓我們分析五個佈局。(對於所有佈局,讓我們假設機櫃的薄外觀,該外觀將本質上為零添加到其存儲模組寬度、長度和高度。此外,我們將忽略機櫃可能具有的圓角,只需假定方形角)。

- 佈局 1 似乎是最簡單的佈局,以相對方形的儲存模組結束。生成的包骨是  $10 \times 10 \times 4.5$  高。六面(區域)為  $2 \times (10 \times 10) \times 4 \times (10 \times 3.5)$ 。
- 佈局 2 是"長",而不是"方形"。這種類型的機櫃可能具有獨特的應用,例如為了更好地利用桌面空間。生成的機櫃為  $19 \times 5.5 \times 4.5$  高。六面(區域)為  $2 \times (19 \times 5.5) \times 2 \times (19 \times 3.5) \times 2 \times (5.5 \times 3.5)$ 。
- 佈局 3 可能更適合"角"應用程式。生成的機櫃為  $(5.5 \times 10 \times 4.5) = (5.5 \times 9 = 4.5)$ 。八面(區域)為  $3.5 \times (4.5 \times 9 \times 10 \times 4.5 \times 5.5 \times 14.5) \times (9 \times 5.5 \times 2) \times (10 \times 5.5 \times 2)$ 。
- 佈局 4 與佈局 3 類似,但外觀更對稱(卷與佈局 3 相同)。
- 佈局 5 提供最小的「平面圖」,但導致佈局最高。生成的機櫃為  $10 \times 5.5 \times 8$  高。六面(區域)為  $2 \times (10 \times 5.5) \times 2 \times (10 \times 8) \times 2 \times 2 \times (5.5 \times 8)$ 。

這些簡單的佈局說明,即使兩個物件的位置,在這種情況下,兩個磚塊,代表相當幾個可能性。如果一個人將 add 第 3 個物件或不同大小的對象作為廣告,則可以看到這變得相當複雜。有時,一個對象相對於另一個物件放置有一個基本原因,因為一個物件的"in"應靠近另一個物件的"out"(物件的嵌套)。在任何情況下,讓我們繼續討論上述五種佈局的一些相對優點。

在佈局之間做出選擇可能有一個基本的美學理由。也就是說,可以選擇佈局 1,因為它被視為"更直接"(更"誠實"),並且佈局 3 可能被視為更"有趣"。因此,佈局的選擇可以歸結為行銷決策,客戶會發現特定的外殼形狀更令人愉悅(因此,會導致產品銷售額上升)。

優化(最小化)機櫃的表面面積如何 - 哪些佈局導致最小表面積?再次,外殼環繞著兩側的磚塊,頂部和底部。

	體積 (立方英吋)	周邊區域 (總平方英吋)
佈局 1	450	340
佈局 2	470.25	380.5
佈局 3	470.25	377
佈局 4	470.25	377
佈局 5	440	358

物件排列的一些結論



如果要最小化重量,佈局 1 是最佳,因為權重主要由於機櫃周長區域。(磚塊在所有佈局中具有相同的重量,空氣可以忽略不計。

如果要最小化卷,則佈局 5 是最佳。這可能有利於某些尺寸受限的設計。

佈局 2、3 和 4 的卷相同。

最大的周長區域是佈局 2。"佈局 6"(未顯示)將是一個球體。一個 6 英寸的半徑球體可以容納佈局 5,其體積約 900 立方英寸,而只有約 450 平方英寸的周長面積 - 也許是一個「創造性」的解決方案?

顯然,隨著添加更多"物件",將更難優化體積和周長區域的物件。設計師的獨創性伴隨著在給定布局區域中"嵌套"各種幾何物件。

各種技術可用於優化佈局的緊湊性。確定機櫃中的所有 o 分點後,設計人員可以對這些物件進行建模,並開始將它們放置在以下方向:

1. 以高效的方式利用空間。
2. 放置需要彼此接近的物件,盡可能靠近每個物件。這可能是由於機械、熱或電氣的原因。例如,如果電纜連接兩個物件,最好讓這兩個物件盡可能靠近 - 通過將(直接)Object 1 連接到物件 2 來消除電纜如何?
3. 放置彼此需要盡可能距離的物件。"同樣,可能有機械、熱或電氣原因。

需要注意的是,佈局 3 和佈局 4 在生產(製造)方面可能更為複雜。非對稱外殼可能比直牆更難製造。如果外殼是工具(模制或鑄造)產品,則不一定如此。但是,如果外殼是鈹金,則 extra 壁提供了一些製造問題。

關於 3D 設計的說明:由於我們設計的所有對象實際上都是 3D 物件,因此我們實際上需要以 3D 形式進行設計。2D 中的快速草圖可能解決設計意圖的一部分,但所有細節都需要在設計移動到 3D 時顯示。這使得 CAD 工作對於當代設計界所需的精度和速度至關重要。創建所有物件的 3D 模型使檢查間隙變得簡單,易於更改和優化。這方面的一個例子是,機械設計器如何查看印刷電路板元件 (PCBA)。它基本上具有安裝在印刷電路板上的許多元件的 2D 佈局。然而,所有這些元件都處於不同的高度,因此多氯聯苯 A 上方和下方的間隙在人 y 區域會有所不同。因此,PCBA 雖然主要被認為是"2D 區域"(在"草圖相"中),但它具有"厚度",使其成為 3D 體積。

## 章節摘要

本章從設計的起點開始,我們只有一個想法。它展示了我們如何將這個想法轉化為物體的幾何位置,從而讓我們在物理上表現出這個想法。

我們首先審視我們的起點,定義設計的邊界——我們從什麼開始,什麼是設計的"外緣"。我們必須定義客戶需要的產品是什麼。

我們看到了設計如何從修訂版 1 到修訂版 X,其中 X 是提供我們認為是客戶需要的設計。

最後,我們查看了在设计中需要的各個物件如何以最佳方式滿足解決方案,以解決客戶需求。需要考慮權衡,我們必須意識到我們如何在這些權衡之間確定最佳選擇。



## 第三章 結構注意事項



在前面的章節中,我們定義了什麼是成功的設計,然後開始確定在設計中放置的物件。現在,我們將考慮設計的結構注意事項。為什麼在此關頭考慮結構注意事項,為什麼不考慮熱方面或用戶介面?這可能是因為我有一個機械工程師的背景,所以我"自然"首先看到設計必須"結構健全"。我覺得我們必須建立在"堅實的基礎"的基礎上,這樣設計的其餘部分就可以在此基礎上再接再厲。當然,電子外殼(本身)的結構不夠強大,無法在客戶(使用者)將使用產品的各種環境中工作。因此,讓我們首先討論提供這種"堅實基礎"的主要考慮因素。本章將側重於:

- 利用 material 概念的強度來提出結構解決方案
- 定義考慮電子外殼結構設計的通用流程
- 檢視一些具體說明一般概念的範例,我們將用「獎勵部分」一節結束本章。最後一節旨在增加一些複雜問題,我們關於材料強度的問題,並展示除了強度之外的其他注意事項對我們的設計選擇的重要性。

### 3.1 簡介:材料強度

本章不是試圖回顧材料強度或機械工程的所有原理。整個文本都專門用於壓力,應變和強度單獨;因此,我們將只是「劃傷」知識的表面,並強調一些基本方程如何幫助我們的工作設計電子外殼。但是,

讀者不需要機械工程學位,也不需要從本章中獲益。我希望一些基本原則被觸及,足以給 EPE 設計師一些價值,無論他們在哪裡在他們的職業生涯。我相信,設計師越瞭解基本材料,外殼設計就越好。

例如,EPE 設計器可以使用 1/8 英寸厚的鋁材來設計外殼。測試可能證明 1/8 英寸厚的鋁確實通過了衝擊和振動電那測試。但是,以下是有關此設計厚度和材料選擇的問題:

- 我們能否用 1/16 英寸厚的鋁,這本來可以減輕重量,並可能更容易製造?
- 我們能否用到 1/8 英寸厚的塑膠,這將再次減輕重量,並可能更容易製造?

所以,從以上問題中可以看出,僅僅解決問題是不夠的,我們需要以盡可能高的成本效益的方式解決問題。我們將在 Chap 開始時深入探討"最具成本效益的方式"。4. 但是現在,我們將集中精力確定至少在結構上成功的合適設計。

設計師對電子外殼設計的最大貢獻之一是數據,以證明設計將"結構上"跟上客戶產品環境的嚴格性。我希望,無論讀者的后場是什麼,他們將能夠提出一個設計的電子外殼,將足夠強大,通過嚴格的測試。我將介紹一些基本的方程和概念,以說明甚至開始 EPE 設計師,希望我也將說明老的 EPE 設計師。

設計電子外殼合適結構的基本方法分為四種基本方法:

1. 看看已經存在的類似產品,並使用已經點燃的解決方案作為當前設計的快速起點。這種方法的好處是速度,但缺點是,您的設計可能會受到影響,因為缺乏創造力來解決一個獨特的問題,您的特定產品應該解決。
2. 快速,"b-back 信封"設計。該方法在簡化的結構元素上使用一些基本的設計方程。我們將在本章的後面部分介紹這些設計方法的一些示例問題。
3. 更複雜的分析。這在 Sect 中被探索得更多一些。3.3 關於"需要分析"。同樣,本文不會為需要複雜分析的設計涵蓋多少基礎。我想在本章中強調的是設計的結構元素,以及改進設計的一些"quick 修復"。
4. 過度設計 - 當然,過度設計並不是所有設計的正確答案。我已經在使用 1/8 英寸鋁的解決方案示例中提到了上述問題。下面我將再舉一個例子。在競爭激烈的產品市場中,客戶主要根據價格做出購買決策,過度設計可能導致產品成本增加(當然,重量和尺寸增加)。結構過度設計基本上從一個 design 開始,它很有可能通過結構測試,即在客戶使用環境中生存,以承受衝擊和振動。

對於過度設計,有很多可以說的。EPE 設計器可以確定 18 儀錶 (0.048) 厚金屬的支架會「完成工作」,而是 *instead* 選擇 16 儀錶 (0.060) 厚的金屬。增加支架的厚度可以讓人感到一些安慰,原因有幾個:

- 設計將經得起一些力,不知道高的精度。將在《教派》中進一步探討這一點。3.2 關於"設計流程"。
- 設計中只有大於 1.0 的「安全因素」。安全係數等於 *equal* 1.0 表示您的設計僅符合設計標準。第一節介紹了使用增加安全係數進行設計的注意事項。本章 3.2。3.2

此外,在設計中放置 0.060 厚金屬可能還有一些經濟原因。例如,如果 design 的大部分已經為 0.060 厚,並且支架可以從一塊"廢料"中製成,則可能會節省成本。

(在上例中),使用 0.048 厚金屬並添加一些簡單的"肋骨"或折彎會使設計比 0.060 厚金屬強得多 *stronger*,這是很有可能的。這就是我想花一些時間,這個問題添加到設計中的問題在 Sect 中所示的問題。3.4.2.

## 3.2 結構設計流程

我想給讀者一個通用的過程來設計電子外殼(或,外殼中的單個部分),以滿足設計的結構考慮。通過執行這六個步驟,設計人員應該準備好提出一個材料和橫截面,將工作。我將單獨分幾個步驟作為小節。

### 3.2.1 類似設計

業內其他設計如何處理類似情況?其他設計可能來自您公司內部的範例(過去產品),也可以來自您公司以外的競爭產品。

### 3.2.2 零件上的力

確定物體上的力(static 和動態) = 這些力的振幅和方向。在靜態力的電子外殼中,零件本身的重量通常不會考慮,但確實會考慮動態力。在本文本中,我指的是"物件"、"部分"和"成員",但它們都應視為同一個物件。

### 3.2.3 現有結束條件

確定物件的"結束條件",即其移動自由度以及如何支持成員。常見的端條件是「固定的」(不允許移動)或「自由」(允許旋轉)。結束條件對確定負載將會產生的壓力量有影響。

### 3.2.4 提議材料和橫截面

確定支援這些力所需的材料和橫截面梳子(來自 Sect)。3.2.2),請記住,"強度"是屬於材料的固有方面(因此,材料的產量強度越高,材料所含的承重能力就越高),並且力在這些材料中產生應力。所有材料都有最大應力的限制,因為我們有變形的開始(屈服強度)或完全失效點(最終強度)。

成員中的最大應力通常由 equation" of

$$\sigma = Mc / I$$

其中:

\*是成員中的最大應力。 $c$  是極"纖維"與彎曲軸的距離。

$I$  是慣性的時刻。這是物件的橫截面區域的屬性。

$M$  是橫截面中距離施加力最遠的最大時刻。力使其距離從端點條件到應用 for  $c$  的位置。

基本上,最初只有兩種選擇來設計更高的承重成員(因為術語" $cc/I$ "都與橫截面區域和該區的"分散"遠離彎曲的"中性平面"有關)。

- 更改材料,從而允許改變應力極限。因此,選擇應力限制較高的材料可以對該成員施加更多的裝載。
- 更改材料的橫截面屬性,基本上改變成員的第二個區域時刻(也稱為慣性矩  $I$ )和可以從成員的「中性軸」或質心集中的區域量。增加面積將從根本上增加成員承載更多負載的能力。增加該區域遠離成員的「中性軸」,也有助於成員承載更多的負載(這就是為什麼" $I$ -梁",其中有很多成員的橫截面區域非常遠離"中性軸",是優秀的載重成員)。

我在圖 3.1 中說明了材料變化和橫截面之間的相互關係。在這裡,我們有一個非常常見的負載情況,一個力作用於成員的末端,並且成員有一個固定的結束條件。我們將展示材料和橫截面中的各種變化如何解決問題。基本問題是找到一個足夠強壯的成員,足以承受這種負荷,一個 2000 磅的力量。EPE 設計器的任務是確定成員的材料和交叉自導,以便成員中的最大應力  $\sigma$  將低於特定材料允許的最大應力(假設屈服應力)。 *allowed* 因此,我們可以從上面利用方程作為設計的起點:

$$\sigma = Mc / I$$

我們可以計算最大時刻, $M$ ,等於 48 英寸×2000 磅,然後我們接著說是 96,000 磅(這將是相同的值,我們選擇的任何材料和橫截面)。讓我們提出兩個候選材料:

松木,有 1200 磅/在 <sup>3</sup>3(psi)的  $\sigma_{yield}$  應力

鋁,CR H-18,產量應力為 22,000psi

讓我們保持簡單的矩形形狀,其中具有慣性值的矩值(對於任一材質):

$$I = bh^3 / 12$$

其中  $b$  是成員的寬度, $h$  是橫樑的高度。

在此示例中, $c$ (即從極光纖到彎曲軸的距離)將為  $h/2$ 。

因此,我們的應力方程變為:

$$\sigma = Mc / I = (96000 \times (h / 2)) / bh^3 / 12 = 576\,000 / bh^2$$

(請注意,此成員中的應力取決於成員平方的高度,這突出表明需要高"縱橫比"(高度與寬度的比率)橫截面。

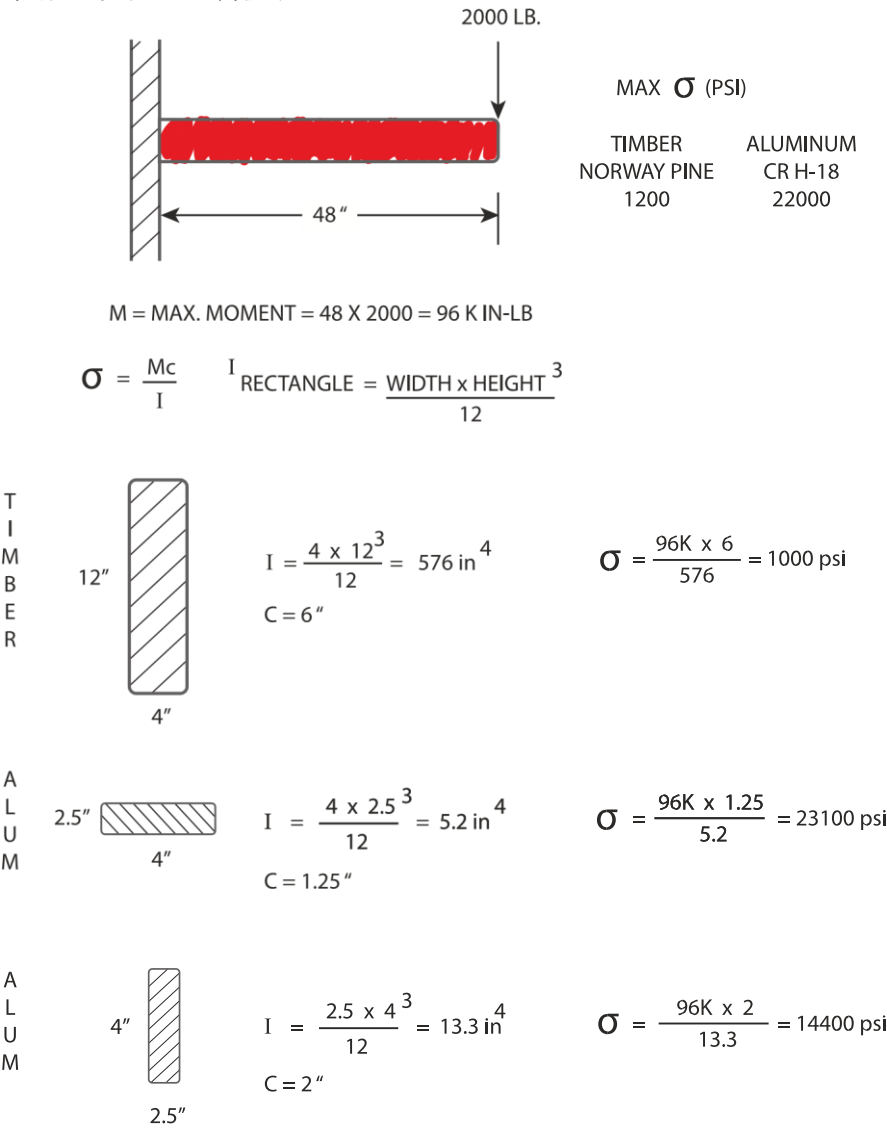


圖 3.1 材質和橫截面選擇

3.2.4.1 松木溶液

讓我們嘗試設計由松木製成的成員。通過輸入:



$b = 4$  英寸,  $h = 12$  英寸,我們看到最大應力為 1000 psi。此成員(松木,橫截面  $4 \times 12$ )具有 1200 psi 的「應力 Limit」,其負載僅為 1000 psi。尼斯,我們"過度設計"的成員(安全係數為 120%)。

現在,EPE 設計師需要研究"其他"設計限制(如重量或成本),以決定此松木樑是否將成為我們電子外殼的一個很好的候選者。

**擾流器警報:**我們將討論確定 Chap 中任何部件材料選擇的 15 個注意事項。4,但就目前而言,只要把重量看作是材料和橫截面的「最終選擇」的另一個考慮因素。

讓我們來看看這個松木梁的重量。在 30 磅/英尺<sup>3</sup>光束將是 40 磅。很好(現在)。

### 3.2.4.2 鋁溶液

設計就是提出一些合乎邏輯的選擇,讓我們來看看鋁樑。

我們可以選擇, $b = 4$  英寸, $h = 2.5$  英寸。我們可以看到,最大應力將是 23,100psi。這高於鋁的最大屈服應力,因此在我們的設計中,這在 *not be* 結構上並不令人滿意。

但是,如何記住,光束的高度是我們計算慣性矩( $b = 2.5$  英寸, $h = 4$  英寸)中較大的"因數"?這將是與鋁梁的預圖示例相同的橫截面區域。現在,最大應力將是 14,400 psi,在最大 22,000 psi 的這種鋁。因此,「旋轉」同一橫截面,其中較厚的一面位於載荷力的方向,允許這種材料和橫截面的 *choice* 在結構上取得成功。

讓我們來看看這個鋁梁的重量。在 169 磅/英尺<sup>3</sup>光束將是 47 磅。相比之下,松木的重 40 磅。

總之,我們已經研究了如何使用兩種不同的墊子(松木和鋁)來解決結構問題。我們可以開發解決結構問題的每一種材料的橫截面區域。

在設計中,變形通常與強度同等重要。負載成員可能有足夠的強度來承受特定的負載,但它可能會偏轉超出工程材料彈性的不可接受的量。在本章中進一步舉例說,偏轉(以及材料彈性的模量  $E$ )也處於考慮範圍下。

上述選擇的經濟學性(更改材料或更改材料橫截面)對 EPE 設計人員提出了一個有趣的問題。材料和橫截面區域的許多組合將工作,但必須做出符合專案總體目標的選擇。除了功能外,它還必須滿足成本、可製造性、風險、重量、上市時間等項目目標。這些選擇將在查普的開頭進一步調查。4. 我可能需要對替代解決方案進行審查、測試和原型設計。設計師能給設計帶來的最大資產之一是快速找到可行的候選人中的合理選擇,以便進行材料/橫截面選擇,以解決手頭的問題。



### 3.2.5 組合功能

所設計的零件能否 *combined* 與與該零件相鄰的裝配體中的另一個零件組合?基本上,兩個單獨的部分(設想中)可以合併成一個 *single* 零件嗎?如圖所示。

#### 3.2.

觀察要組合的零件的"替代思維"方面是 *combined* 實際尋找 *separate* 從(設想的)單個零件創建兩個單獨的零件。這可能導致組合設計的整體成本降低 *combined*。

主要選擇之一(對於候選材料/橫截面解決方案)將確定如何在原導中創建此解決方案。例如,此處涉及的一些選項包括:

- 專案的工具預算是多少?專案能否「負擔」用於鑄造、注塑、擠出或其他可能不考慮的製造技術所需的資金?是否有可以使用的現有工具?必須確定找到工具解決方案的"例如,知道:
  1. 工具成本
  2. 需要多少部件(在產品"終身"期內)
  3. 有多少未加工部件將花費
  4. 工具零件的成本將確定工具解決方案的"回收期"時間。例如,如果工具成本為 50,000 美元,而未工具 p 藝術成本為 10 美元,而工具部件成本為 1 美元,則每部分需要節省 9 美元。因此,工具零件在  $50,000/9 = \text{約 } 5500$  個零件中支付刀具費用。如果預計在一年內銷售 5500 件,則"回收期"約為 1 年。請參閱之前關於「盈虧平衡」的討論。1.7.
- 是否有「現成的」或「以前設計」的解決方案可用於設計?這可以節省工具成本,並且增加此"新"usage 的體積(與"舊"用法結合使用時)將降低單個件成本。

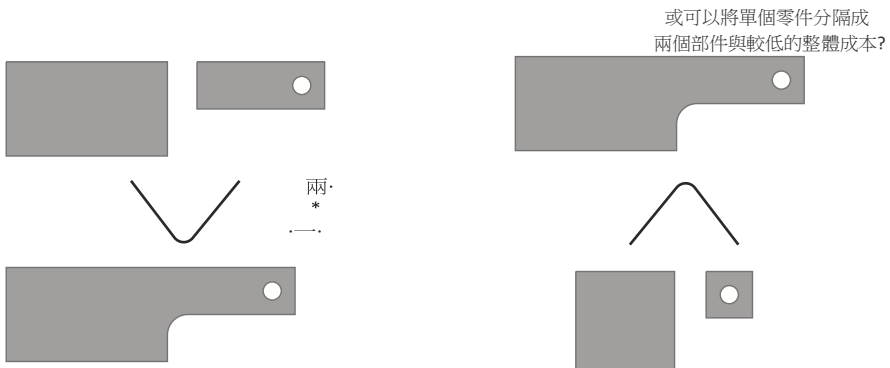


圖 3.2 組合(或分離)元件以改善設計

- 在項目過程中,製造技術能否分階段實施?也就是說,我們能否在原型/第一生產階段(例如 CNC 銑削)中使用一種製造技術,然後在首次生產後切換到

工具化解決方案(例如鑄件)?在這種情況下,成本降低是分階段進行的,並且節省不會在短期內發生(而是在較長時期內)。

### 3.2.6 確定所需的安全係數

此時必須審查"事實上的安全"的確定。也就是說,必須知道以下問題的答案:

- 如果零件出現故障,有人受傷嗎?生命、美元和時間上不可預測的失敗的代價是什麼?
- 這部分在產品的整體功能中有多重要?如果此部件出現故障,則整個產品是否失敗?
- 部隊瞭解程度如何(從上文第 3.2.2 節起)?我們是否知道「誤差柱」,即力可以偏離假定的名義值多少?
- 確定所選設計的「關鍵方面」(材料或幾何形狀),以及如何指定、認證和檢查生產中?記下,以確保這些步驟(認證/檢查)將完成。確定所需的測試 in 設計的各個階段,以確保最終設計足以在生產中運送給客戶。
- 將有一個優化的解決方案,通常可以通過分析設計的主要元件,並確定設計中的"薄弱環節"存在在哪裡找到。這可以通過利用一些測試方法,通過測試超出環境極限(如高度加速壽命測試,HALT)來誘導故障。通過首先確定可能發生故障的位置,然後通過測試設計原型,可以生成數據來確定某些段是否接近其設計限制。

如果設計過程中的上述六個步驟中的任何一個步驟在一定程度上沒有已知的答案,則設計人員將面臨:

- 進一步查詢以獲得更好的資訊。
- 繼續設計。設計師在設計過程的最初階段就很少瞭解零件的所有力和相互關係。當然,設計人員可以列出所做的假設和必要的附加資訊。當然,可以設計零件、原型設計零件,並在零件需要運行的條件下對其進行測試。可以採用幾種方法解決「在不知道所有通知的情況下進行設計」這一兩難處境;讓我們探討一個示例,其中:

設計 1 的重量是目標重量的 110%,但在結構上成功的幾率為 95%。設計 2 是目標重量的 100%,但在結構上成功的幾率為 75%。因此,Design 1 比目標重量重 10%,但從結構角度未能達到工作的設計目標的風險要低得多。

因此,正在"交易"的是優化設計所需的時間。當然,產品必須在結構基礎上工作。在程序的開頭,很難確定設計中的"利潤"。在不知道所有資訊都具有價值的情況下進行設計,可以測試"基本設計"。希望「基本設計」能在很短的時間內修改,使程式能夠隨著資訊的其餘部分得到實現而繼續。我們可以通過"過度設計"零件或投入更多時間"邊際"滿足所有要求,快速前進。下面將比較一下這兩條路徑:

- A. "過度設計"部件 – 這種方法可能保證部件在測試時在結構上發揮作用。這裡的想法是反覆運算回一個不太保守的設計,因為測試揭示了材料和重量節省是適當的。這種方法至少使設計在項目測試階段的早期滿足結構功能要求的機會最大化。然而,為了使 **these** 部件更接近「邊際」結構成功而對設計進行重量更改將需要時間和資金來重新測試設計以驗證更改。大多數項目對於反覆運算方法實現"完美"設計的部件的時間有限。
- B. 設計具有「只是輕微」的耗時路徑的零件,既滿足重量,又滿足強度要求。因此,這種策略不同於過度設計(上圖),因為部件的設計有機會(只是勉強)工作。例如,如果空間和 **weight** 還原在產品要求清單中最高,則可能需要從結構強度係數中"稍微"接受但具有更大材料和重量節省的設計。這種方法試圖平衡"風險和回報",並且應該得到設計團隊的同意。通過這種設計,材料和重量目標將得到滿足。然而,這種設計在結構上不起作用的風險從 5%到 25%不等。因此,"B"設計路徑顯示,不符合產品結構強度要求的風險較高,但會滿足產品的重量要求。
- C. 混合上述兩種方法可能是合適的。也就是說,設計的某些部分將是保守的,而設計的其他部分將更具風險。這或許允許"總體風險承受能力"成為整體設計的一部分。經驗豐富的設計團隊將了解設計中的最佳位置,以「推動包套」的可接受性。

### 3.3 需要分析

當然,在電子包裝設計中,有許多設計需要進行最嚴格的分析。在任何競爭激烈的產品設計領域,使用給定技術從事產品工作最多的公司

### 3.3 需要分析

將最大限度地增加其成功的機會。如果產品具有以下功能,則需要進行最高級別的分析:

- "高"產量。如果要生產數十萬個特定單位,那麼每單位節省一美元就可以節省大量資金。即使節省少量成本的分析,由於生產量較大,將會產生大量整體利潤。然而,如果只生產幾個單位,節省的潛力就會大大降低,而且,一旦設計被認為可以發揮作用,在降低成本方面投入大量資金就不會帶來實質性的節約。
- 由於產品將放入的環境,因此需要高度安全。這方面的例子包括運輸、公用事業、醫療或教育行業的產品。所有客戶都需要有一個安全運行的產品。
- 對客戶至關重要的"使命"。這將包括軍事、航天機構或政府一般機構所需的產品。

請注意,設計過度,降低了公司的盈利能力,是沒有任何藉口的。設計師和工程師應該時刻警惕降低成本的可能性。零件的消除、可製造性的脫毛性以及整體設計優雅,都導致了產品的領導。正是在設計的第一階段,提出了最大的成本削減可能性。隨著設計進入原型階段,重新設計 f 或成本降低的成本開始呈指數級增長。有關這方面的更多方面將在章節中介紹。6 關於「組裝和可維修性」。

此外,關於安全的說明也是適當的。在安全是無保障的任何領域,都沒有理由對產品進行不足設計。當然,保險商實驗室 (UL) 和其他安全機構出於安全考慮對電子設備進行認證。也就是說,安全機構將採用產品(規格和工作單位),並接受審查和測試。摩斯特電子產品,當然那些銷往全球,將不得不通過嚴格的代理批准認證。

有關這方面的更多方面,將在第 10 章「設計安全」中介紹。

頭號設計考慮仍然是,將永遠是樂趣。也就是說,零件必須按預期工作。無論它看起來有多好,也不管它能多麼優雅地生產,如果零件在負載下出現故障。這是設計人員必須瞭解負載的主要原因。

使用有限元分析 (FEA) 的現代分析軟體解決方案非常普遍。在 Google 上搜尋可顯示介紹性材料,例如:

A. 有限元分析,由大衛·羅伊蘭斯,麻省理工學院。將三個主要步驟描述為:

- 預處理,where 要分析的零件模型,其中幾何體被劃分為多個離散子區域,或"元素",連接在稱為"節點"的離散點
- 分析,其中預處理器準備的資料集用作計算應力和位移的線性或非線性代數方程系統的輸入
- 後處理,其中以圖形方式顯示結果,以幫助可視化結果

B. 線性分析,由 K.J.Bathe 教授,從麻省理工學院開放課程重新,麻省理工學院。本視頻系列是一個全面的研究過程,為固體和結構的線性分析提供了有效的有限元程式。C. 有限元分析,齊博士。將 FEA 流程描述為:

- 制定物理模型,即將一個真正的工程問題描述(也許,簡化)為一個可以由 FEA 解決的問題
- 使用 FEA 模型離散化固體、定義材料屬性和應用邊界條件
- 選擇正確的近似函數,制定線性方程,並求解這些方程
- 取得數位與視覺格式的結果

毫無疑問,使用 FEA 可以提供有關涉及結構分析的工程問題(以及固體力學、動力學和熱分析)的有用資訊。首先,應使用簡化的模型和強制來測試來自此分析的任何答案,以查看答案是否有意義。測試應該用來驗證他所做的假設和結果的答案。使用 FEA 分析的另一個屬性是,設計中的小更改也可以輸入到分析中,以查看結果如何變化。通過這種方式,它可以非常迅速地展示如何使德西格更好。

有些公司足夠大,可以有一個專門處理 FEA 分析的部門,而其他公司則期望設計人員能夠自己使用 FEA 分析結構。

### 3.4 結構問題:靜態負載

同樣,由於本案文並非要涵蓋遇到的所有各種結構注意事項或問題,因此我想強調一些問題(我將其保留為三個問題),其中強調了以下內容:

- 在負載和力應用於正在設計的單個成員或"結構作為一個整體"時,可以不作為"個人"的問題,也就是說,它可以是對整個(組裝)結構的分析。
- 許多個別零件(或子裝配)供應商在他們自己的文獻中提供設計指導,這些指南當然可供各個設計師使用。這些資料大部分基於多年來獲得的經驗和分析經驗。設計師被提醒要瞭解迴旋輪和對任何這些資訊的限制。以圖形格式或表格格式顯示的某些資訊植根於基本圖,但這可能並不明顯。這種類型的可用「供應商數據」的一些範例位於塑膠、密封件、EMI 部件和軸承(僅舉幾例)的 design 中。

電子機櫃中成員上的靜態負載是由於:

1. 成員自己的重量
2. 其他成員應用的負載
3. 熱效應、殘餘應力等引起的載荷

靜態負載將通過使用導致:

1. 超過材料的屈服強度。

2. 成員的過度偏轉,導致成員在設計意圖之外執行。由於所有負載都會產生一些偏轉,因此必須在設計的某個點知道該成員允許多少偏轉。

在延展性材料中,在易延性材料中,在靜物載荷下發生壓裂故障並不常見。在延展性成員中,故障通常是由於 **excesse** 無彈性作用造成的,這種作用在斷裂之前很久就會導致非常大的整體變形。

動態的遊蕩將在分節中覆蓋。**3.5.動態負載**通常是隨時間變化的負載,而靜態負載在相對較短的時間段內不會顯著變化。電子外殼設計中常見的一些動態負載是重複的 **loads**、衝擊載荷和能量負載。能量載荷是較容易在衝擊期間傳輸的能量(比施加力)的載荷。

重複負載引起的斷裂通常稱為"疲勞"故障。

振動可能是疲勞失效的原因。

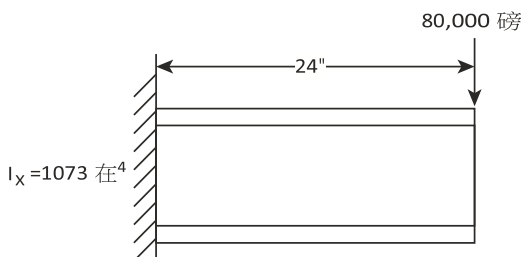
以下三個問題通常涵蓋的主題包括:

1. 什麼是光束(與板)?
2. 應力公式和最大應力。
3. 偏轉公式和最大偏轉。
4. 節模數。
5. 彈性的模數。
6. 結束條件。
7. 負載條件。
8. 最壞情況載入。
9. 組合載入。

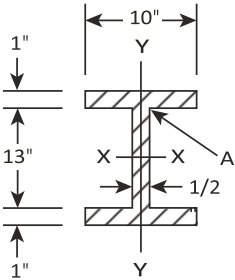
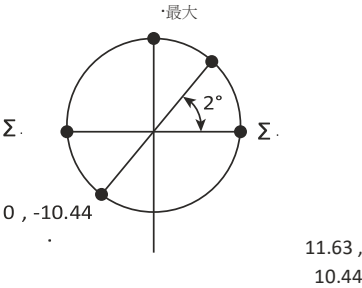
### 3.4.1 懸臂光束分析(來自 Tecknit EMI 遮罩產品手冊)

大多數電子外殼應力分析可以以計算"簡單"光束為特徵。但是,首先,讓我們定義一個光束。羅克和楊(見參考文獻 [1]) 對光束彎曲公式的應用做出以下假設:

- 光束必須與其深度成比例,金屬梁的跨度/深度比為 8 或更多,對於具有相對薄網的光束,光束必須長 15 或更多。這



[ ]  
圈



$$7 = \frac{VA = Z = I}{b}$$

$A = 10 \times 1$   
 $Z = 6.5 \times .5 = 7.0$   
(羅克和青年 P. 91)  
P. 89 跨度 / 深度比 > 15

圖 3.3 懸臂光束分析

Byars 和 Snyder 的一個優秀示例(參見參考文獻 [2]),懸臂光束如圖所示。3.3. 確定法蘭正點 A 處的主法線和剪切應力。假定彈性行為,並忽略牆上的任何應力集中。

解決方案:光束左側的彎曲力矩為:

$$M = (80\,000)(1)(212) = 1\,920\,000\text{in} - \text{lb}$$

垂直剪切力為:

$$V = 80\,000\text{lb}$$

因此,A 點處的彎曲應力是:



$$\sigma = My / I = (1,920,000) (6.5) / 1073 = 11,630 \text{ psi tension ( )}$$

A 點的橫向剪切應力為:

$$T = VQ / It = (80,000) ((10)(17)) / (1073)(0.5) = 10,440 \text{ psi}$$

摩爾的圓圈對於這種壓力狀態給出:

$$\sigma_{\max} = 17,750 \text{ psi tensile ( )}$$

$$\sigma_{\min} = 6,130 \text{ psi compression ( )}$$

$$T_{\max} = 11,940 \text{ psi}$$

(在問題中考慮彎曲應力和剪切應力時, Mohr 的圓用於查找總應力)但是,請注意,在這樣一個短成員及其薄網橫截面(跨度/深度 ratio = 24/15 = 1.7),彈性公式的有效性是值得懷疑的。例如,請注意,剪切和法壓的大小級相同。此外,請注意,此光束的長度必須按 19 英尺左右,才能應用 correct 跨度/深度比。

上述示例的重要性是強調橫向剪切應力對最大應力的影響。在確定光束中的最大應力時,在用盡所有可能彎曲和剪切應力的組合之前,不要對結果感到滿意,因為彎曲和剪切應力可以產生最大的主應力。通常,剪切和矩圖的構造以及柔性應力和橫向剪切應力的量級比較將大大簡化問題。

使用上述示例中的一些光束應力公式,我們將繼續處理電子機櫃設計人員可能面臨的問題的"主要推力"。這是確定「蓋板」的(最大)緊固件距離("C")到殼體機箱上。這種類型的問題涉及沿將提供的外殼的環境密封(參見參考文獻 6)

- 防塵、防潮和蒸汽
- 足夠的 EMI 遮罩

我們將在 Chap 中討論這個問題的遮罩部分。9. 現在,我們將解決設計基本密封設計幾何結構的"結構性問題",以保持足夠的強度來提供水分密封。我將引用一些材料從 Tecknit EMI 遮罩產品馬努爾(見參考 [3])。請注意,我使用的是"手冊"中的一些參考材料。即使在"谷歌搜索"時代,這仍是設計師非常有價值的資訊來源。其中許多手冊是硬綁定的,可從原始設備製造商獲得,用於設計其特定元件。現在,許多這個"設計指南"資訊可以在線獲得(而不是在硬約束手冊中提供)。通常,元件製造商的銷售人員知道當今設計師可獲得的各種"指南"和在線資訊。

現在,回到這個環境密封問題的結構考慮:

- A. 密封材料:第 7 章後面涵蓋,"產品環境(密封)"
- B. 蓋和底盤材料:此處覆蓋的彈性模組(腐蝕在章節 4"材料和工藝"中稍後進行。表面光潔面覆蓋在章節中。7,"產品環境(密封)"
- C. 橫截面是一個(需要慣性的時刻),這裡介紹
- D. 螺栓間距,此處覆蓋
- E. 壓縮停止,此處覆寫

"緊固件距離"問題在 Tecknit 手冊中通過使用方程(其中 C 是螺栓之間的間距)解決了(大約)。三個假設:

1. 墊片寬度 = 蓋板寬度。
2. 最大壓力(由墊片施加)等於最小壓力(由墊片施加)的三倍。
3. 最小壓力為 20 psi。

比較鋁製成的外殼(與鋼製成):

$$C = 59 \cdot 6(t^3 + H)^{1/4}$$

對於鋁板( $E = 1 = 10^7$  psi)。

對於  $+H = 0.01$  英寸,合理的墊片偏轉, $t = 0.125$  英寸,

$C = 4.0$  英寸

$$C = 78.5(t^3 = H)^{1/4}$$

對於鋼板( $E = 3 = 10^7$  psi)。

對於  $+H = 0.01$  英寸,合理的墊片偏轉, $t = 0.125$  英寸, $C = 5.2$  英寸。

關於方程(和答案)的一些進一步觀察是:

1. 我們看到,鋼外殼的螺栓間距不僅僅是鋁外殼,因此更堅固的材料允許更少的彎曲度。鋁板每 4 英寸需要一個螺栓,而我們對板材料使用鋼,則每 5.2 英寸需要一個螺栓。
2. 我們看到螺栓間距隨厚度的立方體而變化 - 我們預計方程(用於螺栓間距)可能基於"梁"的慣性矩,並產生厚度的"立方體函數"。
3. 我們期望螺栓間距是"1/4 功率"的函數,作為沿其長度具有均勻載荷的光束的一般方程,其長度為第四功率的函數(參見參考文獻 [2])。具有均勻載荷的光束的同一常規方程也會具有偏轉,其材料彈性模數 (E) 到 1/4 功率 ( $3^{1/4} = 1.3$ , 這 =  $78.5/60$ ) 的函數。

因此,作為設計師,我們將從 4.0 英寸螺栓水療估計開始(對於鋁外殼設計)。顯然,我們可以(而且應該)在盡可能真實的條件下,在我們的設計和測試中設計這個間距。值得注意的是,我們還假設了墊片密封區域的橫截面面積和墊片的厚度變化,因為墊片來自:

- A. 未壓縮狀態(緊固緊固件之前)。
- B. 壓縮狀態(緊固緊固件後,在設計中設置"止動",即緊固件附近的設計功能,即指定回調限制墊片過度壓縮。所有墊片都需要這些"停止",以使緊固件具有指定的壓縮限制。

我們還可以查看類似的設計,其中入口保護(空氣或水)水準與我們的標誌匹配。如果我們看到 4.0 英寸適用於這些設計,這將給我們一些信心,我們當然有機會成功。

還應指出,整體設計的一個因素是擁有最少的緊固件。我們,緊固件之間的距離為 5.0 英寸,比 4.0 英寸的距離要好(從而節省了緊固件和擰緊緊固件的人工)。但是,4.0 英寸的間距將增加墊片設計密封的可能性,在不屬於計算(如衝擊或熱)的額外負載下,從而為設計提供一些安全餘量。

### 3.4.2 偏轉公式和最大偏轉(來自注塑盒)

另一個說明應力、偏轉、慣性矩和面積之間的摩擦的問題,通過一種方法顯示,該方法允許設計人員確定帶肋板的應力和偏轉比,而同一基厚  $W$ (圖)3.4)。這個 problem 將指出在設計中添加肋骨的重要性(和容易!這條肋骨將大大增加一段的強度。肋骨,如此類,很容易添加到注塑工藝,鑄造工藝,甚至標準鋁金脫簽。圖。3.4 顯示了兩個圖表。對於標有"應力比(肋骨/未肋骨)"的圖表,坐標為應力比,abscissa 是肋骨高度/基本厚度。此圖表顯示最大彎曲應力如何隨著肋骨添加到平板中而變化。每個曲線表示特定的肋間距比,標記為".01"的曲線表示非常寬間距的肋骨,而其他曲線的肋骨間距更大。標有「偏轉比」的圖表相似,並顯示了一條標有".01"的曲線,表示非常寬間距的肋骨。更多詳細資訊可在參考文獻 [4] 中提供。

#### 程式

1. 計算等效的基本寬度,  $B_{eq} = B/N$ , 其中

$B_{eq}$  = Equivalent base width

$B$  = Total width of plate

$N$  = Total number of ribs

2. 計算肋尖厚度,  $t = T = 2H (\tan \alpha)$ , 其中

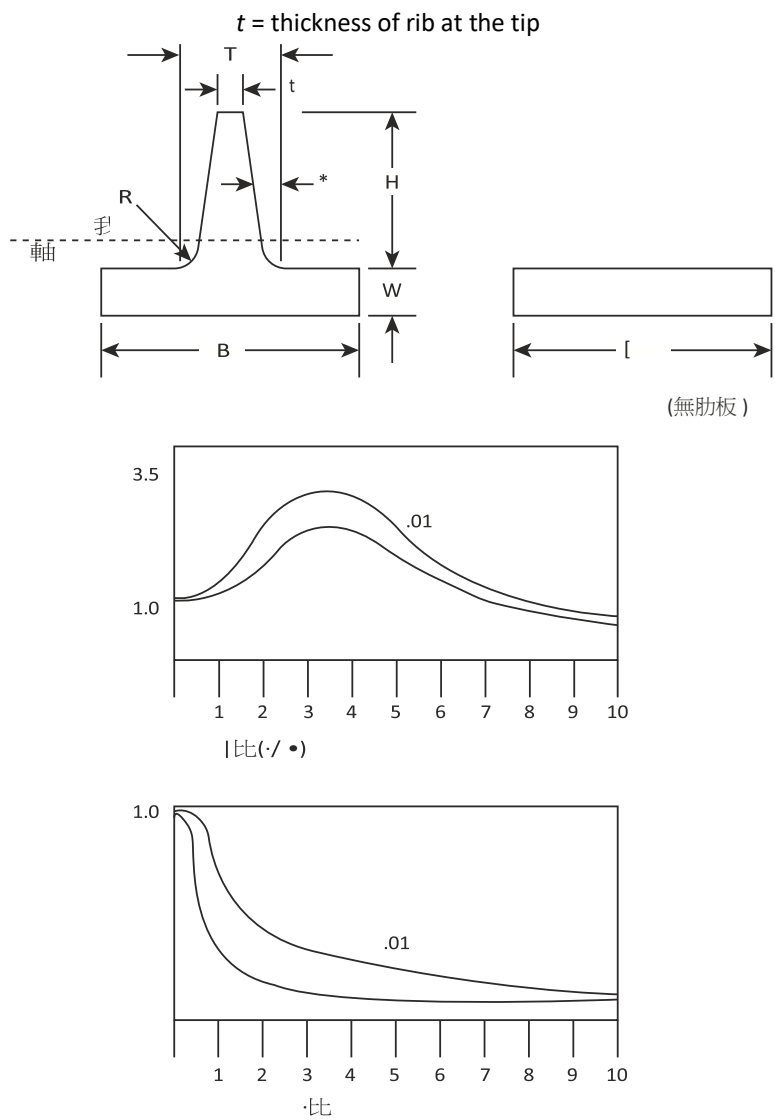


圖 3.4 肋骨 vs. 無肋板

$T = \text{thickness of rib at the base}$   
 $H = \text{height of rib}$

$\alpha = \text{draft angle per side of the rib}$

3. 計算等效基截面的橫截面面積,  $A_r = B_{eq}W = H((T - t)/2)$ , 其中:

$A_r = \text{Cross-sectional area of equivalent base section}$

$W = \text{Thickness of base}$

4. 計算從極光纖到中性軸的距離,  $Y = H + W = (3B_{eq}W^2 = 3Ht(H = 2W) + H(T - t)(H = 3W))/6A_rW$
5. 計算等效基截面的慣性矩,  $I_r = (4B_{eq}W^3 = H^3(3t + T))/12 = A_r(H = Y)^2$
6. 計算無肋骨的等效基截面的慣性矩,  $I_o = (B_{eq}W^3)/12$
7. 計算肋板應力與未肋板應力的比率,  $S$  比率 =  $2(I_o/I_r)(Y/W)$
8. 計算立型板的偏轉與未核塊板偏轉的比率,  $\gamma$  比率 =  $I_o/I_r$

因此,我們知道,將肋骨添加到"無肋"結構將提高該結構處理更多裝載的能力。通常,可以通過將厚度添加到「一般」壁厚來增加強度,如:

$$\sigma = Mc / I$$

位置: \*\* 被考慮的成員的壓力

$M$  = 該成員中的最大時刻(通常是力時"距離"的函數,即從力到成員部分的"距離"  
 $I/c = Z$ ,這是所審議的節的屬性,也稱為節模量  
 $c$  = 從成員的中性軸到"外部光纖" $I$  的距離 = 成員的慣性矩(關於心心)

因此,為了增加成員的承重能力,您可以:

增加  $I$  和/或減少  $c$ (增加  $Z$ )。

矩形的  $I$ (矩形是製造成員的常見選擇),

$$I_{rec} = bh^3 / 12, c = h / 2$$

因此

$$I_{rec} / c = bh^2 / 6$$

其中  $b$  = 矩形的基的長度,  $h$  是矩形的粗細。

請注意,由於「分殼函數」,增加厚度 ( $h$ ) 會產生很大的影響。

因此,將厚度翻倍實質上使光束更堅固四倍。

上面說,將厚度翻倍將使成員("標準"橫截面)的重量增加兩個。對於重量敏感型設計(在電子外殼行業最為普遍),這可能是一個"災難"。

然而,通過添加肋骨,這是「間歇性」的厚度添加,強度上升 *considerideri*(而重量只上升少量)。設計師可能會驚訝地發現,添加肋骨實際上可能會增加最大的壓力。為什麼會這樣?雖然肋骨會增加板的整體慣性矩,但從 *the* 中性軸到橫截面 (c) 極性纖維的距離可以更快速地增加短肋骨。這種效果對於廣泛間隔的肋骨最為明顯。

讓我們回到七個步驟計算 *Sratio*(最大允許應力的比率機器人 *h* 一個無肋和單肋設計)為一個非常簡單的肋骨添加,其中「肋骨」不是錐形的,即  $T = t$ :

板寬度( $B$ ) = 1 英吋

單肋骨,肋骨高度 ( $H$ ) = 0.375

底座厚度 ( $W$ ) = 0.125 英吋

$Wr = 0.0.125/1.00 = 0.125$  肋骨高度/基本厚度 =  $0.375/0.125 = 3.0$

$$Beq = B \text{ 1.00inch} \quad t = T \text{ 0.125inch}$$

$$Ar = BeqW + H((T+t) / 2) = (1.0 \times 0.125) + (0.375 \times 0.125) = 0.172 \text{in}^2$$

$$Y = (0.375 + 0.125) - ((0.047) + (0.053) + (0.035)) / .1032 = -0.5 \quad 0.131 = 0.369 \text{in.}$$

$$I_r = (0.0078 = 0.026) / 12 \pm 0.172(0.375 \times 0.369)^2 = 0.00282 \pm 0.00001 = 0.0028 \text{in}^4$$

$$I_o = 0.00016 \text{in}^4$$

$$Sratio = 2.000016 / (.00028)(0.365 / 0.125) = 2.0057(29.2) = 0.33$$

因此,在設計中添加肋骨使該部分大約強三倍。

注:塑雜誌(參考文獻 7)文章還比較了肋骨/無肋部分的偏轉比。

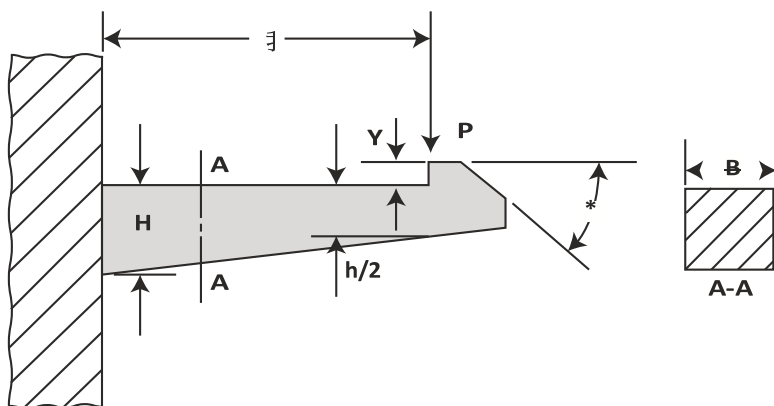
### 3.4.3 另一個偏轉問題,這個 *Time* 捕捉安裝鉤(來自 Mobay 設計手冊,塑膠中的貼合接頭)

此問題是機櫃設計人員在設計常用功能"快速貼合"時所面臨的一個很好的例子。捕捉接頭是連接兩個不同元件的一種非常簡單、經濟且快速的方式。由於這消除了緊固件從連接兩個元件,它使用相當頻繁。設計利用其中一個部件("鉤")的突出特徵,而另一部分包含孔(或"下切")。這裡的想法是,鉤在連接 *ope* 配給期間短暫偏轉,並在底切中捕獲完成配合操作。選擇此介紹性問題作為:

- A. 顯示通用緊固方法(用於塑膠)。
- B. 顯示使用材料配方的通用強度,使其不分材料的彈性特性,在設計中用作優勢的偏轉,以及優化橫截面面積和均勻應變。
- C. 介紹了塑膠材料設計的一些方面。
- D. 利用供應商(本例中為 **Mobay** 塑膠)提供的文獻資料。使用表格選項和諾莫圖可以大大減少所需的設計時間,而不是通過第一原則解決一些更複雜的(尚未但常見的)問題。

此計算示例用於矩形橫截面的對齊擬合鉤,並且厚度從根部的  $h$  到鉤尾的  $h/2$  的厚度不斷減小(見圖)。3.5)。因此,這是設計類型 2(請參閱參考表)。一般設計目標是允許使用最少的材料進行最大除額。給定:

材料 = 聚碳酸酯



**圖 3.5** 捕捉 + 安裝掛鉤  
 長度 ( $l$ ) = 0.75 英吋  
 寬度 ( $b$ ) = 0.37 英吋  
 底切 ( $y$ ) = 0.094 英吋  
 傾角 ( $\pm$ ) =  $30^\circ$

找到:

厚度 ( $h$ ), 其完全偏轉 ( $y$ ) 將導致允許的應變的 1 可能導致  $\text{pro}$  應變。

從表(聚碳酸酯),  $\epsilon^*$ (允許) = 4%; 因此,  $\epsilon^*$ (允許) = 2%。

從表格(類型 2 設計)

$$y = 1.09 \cdot \epsilon^2 / h = 1.09 \cdot 0.02 \cdot 0.75^2 / 0.094 = 0.13 \text{ inch}$$

偏轉力( $P$ )

從表力方程)



$$P = (bh^3/6)(E\epsilon/l)$$

從聚碳酸酯圖( $\epsilon = 2\%$ ),  $E = 264,000$  psi

$$P = (0.37 \times 0.13^3) / 6 \times (264,000 \times 0.02) = 2.9 \text{ lb.}$$

配合力( $W$ )

$$W/P = (\mu \alpha + \tan \alpha) / (1 - \mu \alpha \tan \alpha)$$

來自表的摩擦係數(PC 對 PC)  $= 0.50 \times 1.2 = 0.6$ 。

從圖中,  $(\alpha = \tan^{-1} \mu) = 30^\circ$  和  $\tan \alpha = 0.6$

$$W = 2.9 \times 1.75 = 5.1 \text{ lb.}$$

### 3.5 動態負載

電子機櫃中成員的動態負載是由於以非穩態方式對成員承受的負載造成的。它們包括但不限於：

- A. 具有振幅和頻率的振動載荷(包括與地震地面運動相關的風力或慣性力)
- B. 離散衝擊載荷

考慮這些振動和衝擊載入情況的一些問題將在第 7 章產品環境「中探討」。

## 章節摘要

在本章中,我向 EPE 設計器介紹了外殼結構注意事項的一些基本注意事項。我們可以通過為外殼提供材料來開始這種設計。此外,我們的設計處置將是選擇船體的橫截面。這些橫截面和材料的最佳選擇是使用現成的材料方程的強度。但是,在各種解決方案中需要做出選擇,需要的不僅僅是結構來確定最佳設計,需要更多考慮。

此外,我們還介紹了一種用於設計電子外殼結構的通用流程。這從尋找以前的設計開始,確定結構上的力,然後繼續確定我們設計中的安全係數。

從那裡,我們研究了一些例子,說明在設計結構時常見的問題。最後,我們以簡短的時間介紹了需要注意的其他併發症和注意事項,作為第 4 章的介紹。

## 參考

同樣,本章回顧了與電子電子封閉設計中遇到的結構有關的結構考慮。讀者可能有很多其他資訊來源,但我使用的主要資訊來源(多年來)是:

1. 羅克 RJ, 年輕的 WC (1975) 壓力和應變公式. 麥格勞-希爾圖書公司, 紐約
2. Byars EF, 斯奈德 RD (1969) 可變形體的工程力學。斯克蘭頓國際教科書公司
3. EMI 遮罩材料的選擇與應用設計指南。TECKNIT, EMI 遮罩產品 (1991)
4. 《注塑》雜誌, 1998 年 5 月, 陶氏材料工程中心的 R. 克雷默



## 第四章 材料和工藝



現在,我們已經為設計奠定了結構基礎,我們實際上將用"回歸基礎知識"來開始本章。我們已經討論了定義然後符合產品規範的必要性,但現在我們將回到設計的成本考慮。隨著這種設計的「試金石」的重建,我們將繼續使用更多的「積木」,供設計師使用,以確定其外殼部件的最佳材料和工藝。對組成裝配的各個部件的材料和工藝的選擇,設計師還將考慮產品的裝配和維修(這被佔用了 Chap) 。6) 。

## 4.1

### 成本與時間與規格

本章將從回歸設計的基本考慮開始,強調成本是決定在設計過程中做出一個選擇的決定因素(最終)。

電子外殼的設計者在設計上面臨著某種"實用性",因為設計必須規模化,以確保公司擁有者在財務上取得成功。會有某些設計將被視為"一次性",其中成本考慮不那麼重要,但我想解決那些設計,將生產元件(零件),在極少數。我在一個實驗實驗室工作過,那裡只生產一個組裝體,但同樣,我不會處理那個案件。成本在「一次性」(如太空衛星)的情況下甚至非常重要,但失敗的代價可能主導著設計原理。在安全或公共衛生方面也是如此。

讓我們進一步探討上述成本重點對設計的重視。需要開發最終設計所需的原型。這些「原型」是

©斯普林格國際出版股份公司,斯普林格自然 2019

59 的一部分

T. Serksnis,設計電子產品外殼, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69395-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69395-8_4)

當然,成本敏感性降低,因為時間通常是這裡的關鍵因素。但是,即使原型本身可能沒有成本敏感性,超額 || 專案成本也會受到影響,因為成本犧牲的成本只是在專案的原型部分,因為節省的時間(由"高成本"原型)導致產品在較短的時間內進行測試和批准生產,這通常轉化為整體成本較低的成本(對於專案)。

讓我舉一個例子,其中設計的某些方面最初被認為是 *cost* 最重要的,但事實證明,成本是#1 考慮。如果公司選擇「美學」,即產品對客戶的外觀和感覺,#1 考慮,下面是市場"發揮作用"的方式。選擇「美學」決定的實際上是一種選擇,說這些 products 會賣更多的與這種外觀。因此,產品開發團隊對「美學」的投資實際上將給公司帶來更高的利潤(在"較少"強調美學的產品上)。

所以,當我在 *cost* 上述段落中說成本時,也可以認為是盈利能力或(增加利潤),即成本更低=利潤更高。

時間對這個"成本圖"起很大作用。"上市時間"可能是 *huge* 產品開發的巨大推動力。也就是說,如果某個產品未在特定的時間範圍內發佈(如春季種植季節或假期前的電子展),則可能意味著產品總銷售額的巨大差異。因此,加上成本是時間的方面。T 他導致某些場景,這些場景可能在產品的生命週期中發揮為:

1. 在開發過程的早期階段強調材料/工藝/可製造性選擇的時間
2. 在開發過程的後期階段,可能會出現「高產量」和降低成本的產品

所有這一切實際上仍然回到成本,因為它本來可以確定(由專案管理)總成本最小化的"兩階段"產品版本(上圖)。從產品發佈開始到產品壽命結束,這種方法將增加產品銷售。在 Chap 的工程經濟部分探討了專案所需的工具概念,以及需要在什麼階段。1..

成本也可以細分為多個時間範圍,例如:

1. 開發成本(直到第一次發貨給客戶)
2. 產品的持續生產成本:材料/裝配/間接費用
3. 生產後的服務和保修成本
4. 使用壽命終止成本,如回收

將所有成本加在一起構成 *total* 總成本,因此,在一個產品階段中最小化成本不會將總成本降至最低。

"成本"不僅與單個部件或裝配的成本有關,還與開發(設計)成本有關。

成本仍然是專案#1 驅動因素的另一個範例是需要最小化重量才能成功的專案。這由以下邏輯合理化(對於此構成方案):

#### 4.1 Cost 與時間與時間與規範

##### 1. 產品的規格清楚地標明:

- 專案交付所需的時間(預期)
- 產品成本
- 產品重量目標(難以實現)

##### 2. 產品設計。反覆運算#1 導致超過權重目標。

##### 3. 設計是反覆運算的;反覆運算#2 導致(輕微)超過重量目標。

##### 4. 此時已超出分配給交付產品的時間。

##### 5. (由專案管理)對任一項做出決策:

##### A. 接受反覆運算#2(偏離原始規範)

##### B. Move #3 迭代,完成所需的指定時間長度和超過原始交付時間的符號

上述問題在重量最小化方面有其「根源」,但解決方案實際上是時間問題(時間與成本一樣)。項目預算的成本"超支"需要與產品裝運需求相平衡。

因此,同樣,由於時間與成本有關,產品設計人員必須在設計"思維空間"的前緣擁有這兩個相關的專案方面(時間和成本)。這兩種方法,加上"符合性"(滿足或超過)規範,使成功設計的集成方法。

設計師,如果遇到任何問題/挑戰,必須始終詢問:

1. 設計的驗收標準是什麼?(我怎麼知道我成功了?)這通常是以規範的形式,可以是正式的,也可以是非正式的。設計應努力使驗收標準化,以便對專案團隊完全透明。
2. 設計的預算是多少?
3. 各個部件的項目計劃是什麼,因為它與整個產品有關,計劃中的「關鍵路徑」是什麼?如果估計完成任務的時間太短(時間不夠,則必須立即建議其他解決方案,如獲取更多重新源。計劃的細節應使每次需要密集活動時都注意到,包括前進所需的設計評審和需要的潛在問題解決時間(第二次設計反覆運算)。

以上所有內容對於以下選擇非常重要:

- 各個零件的材料。
- 生產上述零件所需的工藝。
- 裝配所需的裝配程式,以裝配以上零件。
- 測試上述零件和元件所需的測試過程。
- 品質控制專業,以確保零件和元件的生產和組裝符合規格。
- 滿足服務(預期或意外)要求。

這將承擔重複一遍又一遍在章。4 和 5,所以我只需將代碼"成本 (Chpt4)"放在文本中(讀者可以根據需要將本一般性討論作為複習時間引用)。

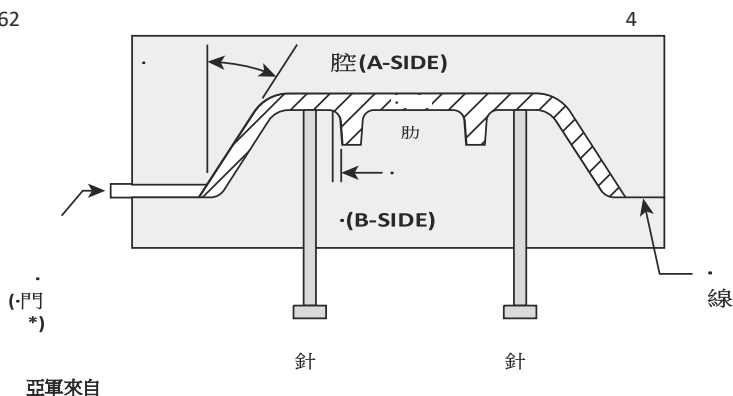


圖 4.1 注塑 + 模具示意圖

## 4.2 設計師的思維空間

設計師必須「提前思考」。當面對設計電子外殼時,下面是設計師心中浮現的一些事情,希望同時使用(成本(Chpt4))。我認為以下問題在設計師的頭腦中是"永遠存在"的,這就是為什麼我使用"設計師的思維空間"一詞來描述這些一直存在的問題:

- 多大?
- 達到目的需要多少部分?
- 以前做過這個(或稍有變化)嗎?在這裡,還是在另一家公司?競爭對手是如何實現產品目的的?
- 什麼是「用戶介面」,即客戶如何使用本產品(用於電源、輸入和輸出的按鈕/顯示器/燈/門/連接)?
- 我設計這部分的親管道,什麼是其其他部分,我不(直接)負責?
- 我多久能提出一些能解決問題的想法?我多久可以原型這些想法來檢查想法的可行性?我還能集思廣益,用誰來批評這些想法?

- 一旦這個想法被審查,原型似乎工作,設計的哪些部分是:
- 風險最大的(可能無法按預期工作)?
- 最簡單的?
- 零件預生產運行最長的引線專案,即專案完成「關鍵路徑」中的零件是什麼?

對於原型,它與生產版本有多近?什麼測試將決定原型是「成功」還是「失敗」,並且需要幾輪原型設計(每輪可能更接近生產版本)?項目團隊需要多少個原型?什麼時候?

我將如何向設計團隊的其他成員傳達專案進度或設計問題?誰需要在那裡進行設計評審?

### 4.3 材料和工藝選擇

一旦設計師設計了零件,設計師必須確定生產該零件的"最佳"成本 (Chpt4) 方法。每個元件要確定的一般專案 *each* 包括:

- 零件的材料。
- 零件所需的完成(請參閱下一節)。
- 零件所需的尺寸精度。
- 生產該部件的過程(可能是一個用於早期需求的流程、零件原型設計和預生產,以及零件成熟產品的不同流程)。
- 零件所需的數量(例如,每季度、每月、每年)。
- 零件所需的第二個操作(除精加工外)。
- 零件的成本要求。
- 此部件能否與設計中的另一部分結合使用?從本質上講,要確定的是單個(組合)部件能否滿足單獨部件的功能(成本 (Chpt4))。
- 零件是否可以對稱(以便便於裝配)?幾乎對稱的部分是否應該成為一個更明顯的非對稱鈣部分?這兩個問題涉及此部件的組裝以及以錯誤方式組裝的可能性。孔或凹槽(多餘的)可以添加到零件僅用於使該零件對稱。

零件換用材料選擇的注意事項:

設計人員應選擇滿足(滿足或超過)的材料:

1. 強度要求
2. 重量要求
3. 可靠性要求
4. 監管要求
5. 安全要求
6. 熱要求
7. 遮罩要求(EMI/RFI)



8. 金屬的相容性要求(電腐蝕)
9. 彈性要求(測速儀)
10. 導電(或絕緣)要求
11. 不透明性要求
12. 磨損要求
13. 美學要求(觸摸、視覺)
14. 聲學要求
15. 紫外線 (UV) 傳輸和電阻要求

讓我們通過幾個示例,看看上面的 15 個要求是如何確定的(成本 (Chpt4) )。

### 範例 1 手機(外部)案例

F 或材料的選擇,兩個主要候選人想到的;這要麼是金屬,要麼是塑膠。其中一個都可以滿足 15 個要求,並帶有以下符號:

1. 金屬將提供足夠的 EMI 遮罩,但可能難以製造。外殼 needs 是光滑和優雅的,這是昂貴的金屬完成 - 即使是鑄件可能需要許多"第二次操作"(如加工或研磨),可能是勞動密集型的。
2. 塑膠(注射成型)將足以緩解"smoos"和"優雅"標準,但需要額外的 EMI 遮罩方案。塑膠外殼必須「金屬化」,或者需要在塑膠外殼下將另一個非麻醉部件添加到設計中,以充當 EMI 遮罩。我們還需要調查塑膠的一些安全問題(UL 法規為"火焰類")。塑膠外殼作為外部部件,完成所需的成本可能低得多(無需噴漆,至少這是希望)。
3. 如果重量(和大小)是一個因素(通常與手機),金屬和塑料應該更仔細地檢查,看看什麼可能更好。通常,肋骨可以添加到塑料設計,以增強強度。
4. 熱問題可能是材料選擇的一個因素。塑膠 will 能夠作為絕緣體(保持熱量),而金屬會將內部熱量生成到環境空氣中,從而降低"外殼環境"溫度。但是,金屬外殼可能會感覺太熱觸摸。

在參考文獻 [ 1 ] 中,計算材料的等效剛度(或剛度 1)非常簡潔地顯示(溫度相關品質):

$T1 = \text{每立方體根} ((E2/E1) = T2^3) = \text{材料厚度 } 1$

$E1 = \text{材料 } 1 \text{ 的彈性模量}$

$E2 = \text{材料 } 2 \text{ 的彈性數據機}$

$T2 = \text{材料厚度 } 2$

讓我們計算塑膠的等效厚度(例如,SABIC Cyclocac)到

0.03 英寸厚鋁零件:

$$\text{塑性} = \text{立方體根} \left( \left( \left( 100 / 4 \right) = (0.003) \cdot \right)^3 \right) = 0.088 \text{ 英寸}$$

讓我們計算鈦的等效厚度與 0.03 英寸厚的鋁部分:

$$\text{Titanium} = \text{cube root of } \left( (100 / 160) \times (0.03)^3 \right) = 0.026 \text{ inch}$$

現在,如果我們看一下強度(以上所有力量都是"等效"強度)與重量比(查看厚度與密度比):

$$\text{Plastic} = 0.088 / .004 = 22 \text{ in}^2 / \text{lb}$$

$$\text{Aluminum} = 0.030 / .010 = 3 \text{ in}^2 / \text{lb}$$

$$\text{Titanium} = 0.026 / .016 = 1.6 \text{ in}^2 / \text{lb}$$

因此,如果重量(同等強度)是一個問題,鈦將是一個更好的選擇(比鋁或塑膠)。這就是為什麼鈦在飛機中廣泛使用(成本(Chpt4);鈦(成本 4));然而,鈦有一些固有的製造困難,這使得它非常昂貴,作為一個電子外殼的選擇。

關於塑膠成型的討論如下一章。

此處不會決定對外殼的外部外殼使用"金屬與塑膠"。已經提出了足夠的模稜兩可的問題,以便進行更深入的分析,我們需要繼續用另一個材料選擇的例子。蘋果 5s 手機外殼由(加工)鋁製成,而後來發佈的蘋果 5c 手機外殼由塑膠製成。塑膠符合 EMI 標準,在某些區域添加金屬化塗層,在其他地區添加金屬遮罩。塑膠版本被認為更容易「彎曲」在襯衫口袋裡,但不足以銷售。加工鋁是一個 "much"提前上市"的選擇,而不是模塑塑膠,因為不需要長時間的提前加工工具。此外,由於修改工具和測試新更改所需的時間較長,因此使用加工件比模制零件可以更巧妙地進行更改。一個收益,每個設計可能是唯一的材料和工藝選擇 - 這是一個例子,機械工程師(與公司的其他團隊合作)可以使整體產品設計。

塑膠和 die 鑄件之間的最佳選擇需要仔細分析所有產品要求。

鋁、鎂、鋅和鋅鋁 (ZA) 壓鑄件通常優先於需要強度、剛度和最小包裝空間的電子外殼中的塑膠。它們通常無需插入接收螺紋緊固件。其導熱性通常消除了對冷卻風扇的需求,這在電池供電的攜帶型電子設備中至關重要。對於需要強度和剛度的壓鑄件和在高溫下運行的大中型裝飾部件,鑄件也更受青睞。

EMI 和 RFI(電磁干擾和射頻干擾)遮罩是模鑄件固有的,因為它們是金屬的。塑膠部件需要一層金屬遮罩,以提供 EMI/RFI 合規性。這些塑膠部件(油漆、塗層、樹脂填料、金屬屏障、多層無電鍍鍍)的遮罩添加物可具有性能、性能和品質控制問題。

鋁壓鑄件在設計中經常選擇在受持續壓力(特別是在高溫下)的塑膠和需要最小重量、剛度和良好表面品質的鑽頭等手工工具上。鎂 die 鑄件經常在需要最小重量且強度、剛度和最小包裝空間的應用中選擇。高速印表機的部件,

需要以最小重量的剛度;需要安裝特徵、高 **gh** 品質表面和抗衝擊性的外殼;裝飾裝飾件通常由鎂壓鑄產生。

承受連續載荷的塑膠部件(如用於環境密封的部件)通常需要金屬衝壓支撐才能形成剛度和蠕變阻力。

此外,應該注意的是,即使是"簡單"的材料,如鋁是更複雜的實際指定在工程圖紙。鋁的許多等級和合金都存在,無論是"**c**",要麼是"異國情調",而本文並不能解決這種複雜性,只是說,應該多加注意,真正指定材料的具體"等級"。選擇等級超過另一個等級是該特定等級的能力(成本 (**Chpt4**)) 的函數:

1. 具有設計的 14 個特性(如上文所述)。
2. 可供任何供應鏈成員使用,以便滿足交付時間。
3. 通過指定的品質控制措施,以可重複的方式進行製造。

例如,如果我想要一個零件由不鏽鋼製成,需要考慮的專案是:

1. 鉻鎳不鏽鋼(鉀)和直鉻不鏽鋼(鈦石)之間進行選擇。鉻鎳不鏽鋼類型為 20 倍,類型為 3XX。例如,類型 302 是 (從 參考文獻 #2]):
  - 基本 18%Cr. 8%Ni,分析,具有優異的耐腐蝕性許多有機和無機酸,並在普通溫度下的 **t** 級鹽。
  - 在高溫下具有良好的抗氧化性。
  - 碳鋼通常採用的所有方法都易於製造。
  - Cr-Ni 牌號在完全退火條件下無磁性,無法通過常規熱處理硬化。

在參考文獻 [2] 中,顯示了資訊表(用於各種等級的不鏽鋼):化學成分、物理數據和機械特性(在退火和熱處理狀態中)。

2. **must** 必須考慮材料候選(選擇)的可用性。在此示例中,對於不鏽鋼,通過檢查參考(如參考文獻 ) =3+,302 型 *is* 不容易獲得。304、309、316 等型號有庫存(來自瑞爾森,不鏽鋼庫存的一大資源)。例如,類型 316(冷軋、退火、醃制、2B 和 3 表面處理)。規格:QQ-S-766,ASTM-A240,提供 16 儀錶(0.060 厚)×30 英寸×96 英寸尺寸不鏽鋼板。
3. 材料選擇時應考慮到法布里的排泄技術。如果設想將零件打開主軸機床(車床或銑床),則需要考慮自由加工等級。如果要焊接零件,則各種牌號可能非常可焊接,也可能不是非常可焊接的。
4. 與往常一樣,使用以下方面的經驗可以利用材料選擇的資訊:
  - 您自己的團隊(或其他公司資源)中的共同設計者,
  - 您的供應鏈製造商

做出材料選擇后,必須完全指定物料,即指定,以便在零件規範上明確。材料和表面處理通常指定為某些標準,如 ASTM、MIL 標準(美國政府)或 ISO/IEC 等國際標準。還必須採用一些方法,確保(通過標準品質控制程式)所指定的材料是製造到最終零件的材料。

## 範例 2 LED 的蓋板

讓我們以她的例子為例,即一種物質選擇和"思維過程",即通過這種過程,在候選材料中做出合理的選擇。

需要一個透明(光學透明)部分來覆蓋 LED 嗎?這部分被設想為扁平的  $d$  不需要太多的結構強度,基本上支援自己的重量,並防止使用者"戳"LED 與他們的手指或鉛筆。現在讓我們將零件命名為"LED 視窗"該件將「密封」LED(來自濕氣),通常不可更換(必須在未維修的情況下延長產品使用壽命)。

設計師想到的即時問題是(成本(Chpt4)):

1. 生產多少,零件生產的時間表是什麼(原型/預生產/預生產),以及一般成本是多少?成本通常不在設計中預先指定,也就是說,它可能是一些模稜兩可的東西,如"盡可能便宜"。隨著設計的進行,設計中的某些選擇可能會增加零件的成本,與替代品的權衡通常是有益的。
2. 它的設計是適合凹槽還是從外殼「脫穎而出」?窗戶離 LED 有多遠?這些是設計的一般"幾何"問題。窗戶的麻醉劑是什麼?
3. LED 的光線通過此部分照射。是否需要將光線(來自 LED)"擴散"- 在美學上,我們希望什麼樣的外觀?在「整體」設計中,這一部分的外觀如何?它是在用戶檢視 al l 的時間還是只是偶爾?"清晰"是正確選擇顏色,還是需要其他顏色(紅色/綠色/琥珀色/藍色)?LED 的光是什麼顏色的?
4. 根據上述特性對材料的 15 個要求進行。對於 example,零件(現在,非金屬)將如何對 EMI 遮罩要求產生不利影響?這可能導致新零件盡可能小,為 EMI 創建最小孔。
5. 如何將 LED 視窗群組到夾層嗎?能否在沒有任何額外硬體的情況下組裝?裝配的候選者可以使用超聲波、膠帶或粘合劑將件粘到位。
6. 整體設計中是否有多個(多個)"視窗"?尋找與這些窗戶的共性關係。
7. 材料候選項(有一些選擇問題):
  - 萊克桑塑膠:模制還是從板材切割?如果模制,我們能看到模具流線嗎?如果從板材上切割,它可能是平坦的(沒有其他幾何特徵),而成型允許添加設計特徵(如超聲波焊縫)。有多厚?是「防刮」還是「防刺」要求(如何解決?如果模制,車窗是否可以 window 組裝到機櫃製造器的外殼上?塑膠有一些安全注意事項,如燒傷危險或邊緣鋒利。
  - 玻璃:最硬和最硬的材料候選物,可能是最昂貴的(成本(Chpt4))。
  - 聚酯薄膜作為標籤的一部分:通常厚度在 0.010 英寸以下。標籤可以在機櫃上包含其他資訊,包括識別 LED 功能。
8. 向專案團隊介紹任何需要的詳細資訊。這可能是價格/時間估計、原型或草圖,以為基礎,為材料設計選擇。

## 4.4 表面處理和塗層

選擇材料時所做的所有選擇(以前的選擇)與該材料的精加工選擇直接"耦合"。幾乎所有工程部件都需要表面處理。會有一些例外,例如,"雕塑"(藝術品)或建築立面的目的是腐蝕(並具有"腐蝕"的外觀)。設計器將同時 a material 指定材料及其設計的每個部件的完成。

表面處理(包括廣義塗料)需要:

1. 在存儲(從製造者、裝配工到客戶)或客戶最終使用中抑制腐蝕。
2. 當金屬與不同的金屬接觸時提供陽極保護。其基本性是,接觸中的不同金屬必須有足夠的保護,防止電腐蝕。通過插插惰材料或與每種材料相容來進行交流。下表按組列出類似的金屬。一組材料與同一組另一組材料之間的接觸應視為類似。相反,每當不同群體的材料處於親密接觸時,都會設置關鍵的 electrolytic 階段(只需要濕度作為劑)。(當鎂或鋁(未受保護的)與任何其他二惡果金屬接觸時,這尤其不利活動組(表 4.1)。

#### 4.4 表面處理和塗層

**表 4.1 材料組**

第一組	第二組	第三組	第四組
鎂合金	鋁	鋅	銅
	鋁合金	鎳	銅合金
	鋅	鋼	鎳
	鎳	導致	鎳合金
	錫	錫	鉻
	不銹鋼	不銹鋼	不銹鋼
			黃金
			銀

請注意,鉛、鎳以及事實上所有精加工材料的使用都有著非常嚴重的環境問題。這些材料中有許多被各種立法法規和法律禁止或限制。請參閱 RoHS 要求,作為這些限制使用上述一種或多件飾面的國際法的一個示例。

#### 3. 外觀(美學)。

- 在粘結連接的情況下,保護塗層實際上將被省略(遮罩)。對於此類區域,必須通過強制通風或適當密封來防止濕氣進入。

表面處理通常分為三種主要類型:(參見參考文獻 [4, 5])

- 化學品:金屬表面化學反應引起的表面表面表面的表面表面的完成。
- 鍍電:那些表面處理,由沉積在電解作用基金屬上的薄膜或板組成。
- 有機:表面處理包括基材上的有機塗層,通常通過刷牙、浸漬或噴塗進行應用。

塗料可以通過:

- 噴塗金屬:一層薄薄的金屬被噴到表面上,用於多種用途。例如鋁用於耐腐蝕性和耐熱性或用於導電性的共壓器。
- 粉末塗層:粉末顆粒直接塗覆表面,無需使用溶劑或水的乾漆過程。使用熱固性粉末或熱塑性粉末。零件在室溫下噴洒,然後在粉末熔點上方加熱,達到熔融表面光潔度。
- 電沉積:薄塗層可以電沉積,以改善外觀,提高電氣品質,提高耐磨、耐腐蝕或特定環境的耐磨性。
- 陶瓷、陶瓷和耐火材料:固定瓷釉質和耐火材料用作耐腐蝕塗層,還具有色彩吸引力和裝飾效果。



- 熱浸漬 g:這些塗層主要用於鋼、鑄鐵和銅,以低成本提供耐腐蝕性。使用的材料是鋁、鋅、鉛、錫和鉛錫。
- 浸入式:這些塗層可應用於大多數黑色和有色金屬,但有少數例外。使用的材料包括鎳、錫、銅、黃金、白銀和鉑金。使用示例包括電導性、焊接和釺焊。
- 擴散:這些塗層是在基礎材料與粉末或溶液接觸時通過加熱而產生的。大多數擴散塗層旨在獲得耐硬和耐磨的表面,並提高耐腐蝕性。
- 沉積的蒸汽:這是將蒸發的金屬沉積在真空室中,然後凝結在所有冷卻表面。大多數金屬和非金屬可用作塗層的基礎材料。例如鏡子和光學反射器、金屬化塑膠、透鏡塗層和儀器部件。
- 有機:這些由烷基、纖維素、環氧樹脂、苯酚、矽膠、乙烯基、橡膠等組成。
- 化學轉換:這些化學塗層與基礎金屬發生反應,產生表面結構,可改善油漆粘接性、耐腐蝕性、裝飾性能和耐磨性。磷酸鹽、鉻酸鹽、陽極和氧化物塗層很常見。
- 防鏽:這些是油、石油衍生物和蠟,它們形成一種薄膜,主要來自工業和海洋大氣的攻擊。

套用於專案材料的飾面或塗層通常被呼叫在帶有 **MIL 規格(MILSPEC)** 交叉參考的 **e(部件)** 文件中。這主要因為大多數(常見)完成已經標準化並調用現有規範:

1. 節省已存在「單年」標準的時間。
2. 供應商已經具備了這些流程,以經濟地生產這些表面處理。
3. 可以使用可接受的就地品質控制程式檢查(由指定者驗證)表面完成。

例如,根據 **MIL-C-5541**,調用鋁母合金化學薄膜以符合化學薄膜。

物料與工件專案文件的標註範例包括:

- 材質: **16 Ga. (0.060) 1010 CRS**(CRS 代表冷軋鋼,"1010"是 **AISI M1010** 鋼的縮寫)。**AISI M1010** 鋼是一種低碳、通用的商用優質鋼材,具有經濟性和可焊接性。
- 完成:鋅板透明鉻酸鹽每 **QQ-Z-325**。第 2 類,II 類(**QQ-Z-325** 是鋅的常見 **MIL SPEC**,對於最小厚度等屬性的"類"和"類型"特定選項)。

金屬最廣泛的表面處理之一是油漆。繪畫可能是一個複雜的過程。出現:

#### 4.5 沖孔和成型金屬

- 衝浪準備
- 配色
- 臭測的識別與控制

參考[9]作為進一步資料包含在內。



工程文檔的材料和完成標註應明確說明。最好瞭解貴公司通常如何調用這些常見物料並完成,與供應商核實標註如何與 *ir* 流程配合,以及"保證"材料和表面處理的品質控制程式將由供應商和進貨(到您的設施)檢驗處理。有時,這由供應商提供給進貨檢驗的材料/完成"認證"來處理。

## 4.5 沖孔和成型金屬

近年來,金屬被沖孔、凹槽、成型和彎曲的基本工藝發生了變化。舊的製造技術,如(非 CNC)車床、銑削機械機和鑽床,已被降級為"車庫商店"或"快速轉向"原型店(過去)。當代製造在數控(計算機數控)多軸機床或高速條紋衝壓機上完成。您的 CAD 檔以電子方式傳輸到商店,商店將檔作為輸入"轉換為"其製造機器,機器創建零件(以指定數量為單位)。

脫衣舞衝壓機取一塊平片,將旋轉的炮塔(預裝式)定位為圓形沖孔、矩形沖孔(用於切割週邊),以及大約任何形狀的沖孔(定製或已在商店目錄中),用於該庫存。庫存駐留在 *x* 和 *y* 中的行動的表,以及塔旋轉以放置適當的沖孔。平片金屬可以在幾分鐘內用複雜的設計完全打孔。專門的「衝孔」,打孔和形式百葉窗也可以程式設計在脫衣舞。由於沒有「手動」設置的撥號、停止或機器饋送/速度,因此可以通過 CNC 進行非常嚴格的控制(我們將在下一節中擴展)。

多軸主軸機在當今的製造環境中很常見。術語"5 軸"通常是指 CNC 機床同時在五個不同軸上移動零件或刀具的能力。3 軸加工中心沿 2 個方向(*X* 和 *Y*)移動零件,刀具上下移動(*Z*)。5 軸加工中心可以旋轉兩個額外的滾軸和軸 (*A* 和 *B*),說明切削刀具從各個方向接近零件。

與所有製造技術一樣,設計人員對機器和加工過程越熟悉,設計成本越好 (Chpt4)。

我在附錄中收錄了鈹金實踐的一個導語。這些顯示了金屬金屬的彎曲和沖孔的常見做法,這些金屬是金屬製造商使用,通常見於公司繪圖標準手冊。

## 4.6 成型塑膠

電子包裝的設計師必須具備對塑膠成型工藝以及如何設計塑膠部件的紮實知識。大多數工程學位並不重視這種技能,因此在工作期間,它很可能得到和磨練。文獻中有很多關於塑膠部件的 *proper* 設計,我將提供有關這個主題的一些很好的參考,其中很多來自塑膠供應商(生顆粒)本身。多年來,塑膠供應商在使用其 *resins* 方面學到了很多東西,分享這一經驗對每個人都有好處。此外,參考[6],由葛蘭 L. Beall, 可以被視為一個"聖經" Beall 先生是該領域的知名專家.我將提供塑料設計的"十大"指南清單,但 *e* 將只是每個設計師可以添加到的廣泛清單的亮點。

塑膠零件設計人員可能#1 功能是瞭解用於其零件的工具,並瞭解注塑工具有哪些選項。通過瞭解注塑模具,以下六個概念將有助於注塑成型部件的設計(有關更多資訊,請參閱參考文獻 [7]):(見圖)。4.6)

1. 拔模的想法需要從模具中彈出零件。
2. 將塑膠"注入"模具的主門(或"雲杉")的位置。此門位置(以及隨後需要"去")將是化妝品所需的 f 或部件的一大考慮因素。澆注可以在模具的邊緣或芯(反向澆注)或型腔側進行。
3. "模具流動"的概念需要被很好地理解。需要半徑的角,一般相等的厚度設計,和肋骨 heights 的限制被突出顯示。當熔體冷卻時,它會從粘性液體變成半固體,並最終變成固體部分。要填充離零件門最遠的部分區域更加困難。
4. 再次顯示條紋條的位置,突出顯示化妝品表面需求。
5. 如果零件需要"下切",則工具將顯示如何實現此目標(以及這會使模具複雜化多少)。
6. 模具中的模具"分型線"是零件設計的反映,因此顯示了這些設計的困難。

以上工具設計功能是從經驗中學到的。在所有情況下,零件設計都需要由工具設計器(通常是駐留或由模具設計)進行審查,零件設計人員應保證其設計是"可塑的",以簡單的方式進行。零件設計和工具都需要設計師和專案管理團隊的認真審查,因為模具工具具有:

1. 一筆小資本開支(K\$)
2. 非常長的提前期(他們需要數週才能完成)
3. 艱難的(時間和資金)修訂過程

#### 4.6 成型塑膠

模塑塑膠零件的最大優點之一是,它需要更少的第二次操作才能成為成品零件(與"類似"金屬零件相比)。通常,模塑塑膠部件不需要在外部進行化妝。大多數(客戶可見)塑膠部件最終外部採用模制紋理,通常通過蝕刻模具實現,具有"紋理圖案"。請注意,此模具紋理會導致零件的減切(這是通過向零件添加少量拔模來實現的)。

模製零件需要一些常見的第二次操作(這些是成型操作的工序,通常由模具工(或由模具工外包)完成):

1. 模具本身被認為不可加工的零件所需的孔或切口 - 有時,通過第二次操作比作為模具的一部分添加孔更容易添加。因此,可以添加鑽孔或攻絲操作。
2. 如果門位於化妝品區域,則可能需要加工來修理"門標"。如果門區域不是表面(且該表面不需要加工,則門可能(手動)拆下)。
3. 刀片(金屬、螺紋緊固件)可以超聲波放置在零件中(或者這些刀片也可以模製)。
4. EMI 遮罩可應用於塑膠部件。這採取各種形式:

- 繪畫
  - 電鍍
  - 金屬遮罩的黏接
5. 粘合操作(超聲波或粘合劑)可以將一個或多個模製部件熔合在一起。
  6. 各種裝飾(絲綢篩選,繪畫)可以做。可以執行一些模內操作來以這種方式合併圖形。
  7. 任何運營所需的所有固定都需要明確標識、成本核算,並安排在負責的時程表上。

上述所有第二次操作都需要在成品文檔中明確調用,其中包括任何品質控制可接受性。這些第二個操作可以非常顯著的方式增加零件的計件價格 *significant*,因此它們需要成為整個設計過程的一部分,設計師會清楚地提出該設計的替代方案。第二個操作需要與焊工一起深入處理,以確保它們以最具成本效益的方式實現。

塑膠部份的選擇:設計師必須審查之前列出的所有 15 個特徵(對於任何材料),以決定選擇哪種樹脂。蠕變數據(長期粘彈性行為)對塑膠也很重要。其他一些獨特方面包括:

1. 有許多成型工藝:注塑成型/吹塑/壓縮成型/熱成型(壓力或真空成型)/反應成型(RIM)。我一直在主要處理注塑工藝。
2. 卡扣適合需要具有壓力與應變特定限制的材料。
3. 與塑膠顆粒供應商共同選擇塑膠的數據存在(參見參考文獻 [8])。這些供應商還可以查看設計,並可能指示您的應用程式是否需要自定義解決方案。供應商是材料和成型資訊的一大庫。

正如之前"承諾"的,以下是我對正確塑膠零件設計的十大建議。大多數設計都可以通過駐留在內部或模具模具的填充"程式"進行分析。這些程式採用 CAD 幾何資料的設計,建議的材料,並確定一個優化過程,以正確填充模具:

1. 必須所有嘗試保持均勻的壁厚。較厚的區域可能會導致被稱為「水槽」的化妝品缺陷。帶大拔模的肋骨可能導致厚厚的壁部分,肋骨底部與主壁相接(這可以限制肋骨"高度")。這也是螺絲老闆的常見現象,因為老闆底座與主牆相接。螺釘凸台還會產生額外的複雜情況,因為凸台中的刀片需要結構要求所需的壁厚。在似乎需要更大的(比標稱)壁厚的地方 - 尋找"核心"大面積與工具 t 帽添加的功能將導致(更多)均勻的壁厚。始終以三個維度來考慮零件 *three*。通常,該設計是一系列用於實現目的的 2D 部分。然而,塑膠部件可以具有輪廓,導致彎曲區域,導致不均勻的壁厚區域。
2. 半徑所有過渡區域有幾個原因。使用這些半徑部分,熔體流量更容易。此外,銳角只能通過模具模具生產,模具本身是尖銳的。在工具的使用壽命內,這些尖銳的 *edges* 難以維護。半徑內區域應「匹配」半徑區域外部,即半徑內半徑 = 標稱牆厚度 = 外部半徑(部分)。內部半徑與壁厚(R/T)的比率應盡可能高,以減少橫截面中的應力,建議  $R/T > 0.75$ 。塑膠零件圖紙上的

一些註釋包括一個語句,如"半徑所有角 0.030 半徑或指定";但是,必須像任何註釋一樣小心,以便涵蓋繪圖上的所有事件。

3. 選擇刀具製造商/模具對 **critical** 零件的總體滿意度至關重要。此選擇中加入其他因素(除了"成本"之外),例如:

- 刀具品質 – 選材和熱處理。
- 工具的交貨時程表 – 第一件物品和生產數量零件。
- 溝通路徑開放性 – 供應商與零件設計人員的溝通情況、有關零件設計的建議的溝通以及可能出現的任何持續問題。定期安排的里程碑發佈至關重要。面對面的二次打擊可以說明通信,但互聯網也可以有效地使用。
- 零件總成本 – 包括交付(模制/裝箱/裝運)、零件、二次操作和品質控制所需的任何固定。
- 從當前供應商中挑選的供應商 – 必須考慮"合格"新供應商的成本。此外,當前批准的供應商的問題已經為人所知,而未經批准的供應商可能意味著未知問題。

#### 4.6 成型塑膠

4. 希望減少零件所需的 **secodary** 操作量。查看工具幻燈片所涉及的權衡。通過將投影片添加到工具(或工具中的旋轉插入)可以生成的零件中的功能提供了一種減少第二次操作的方法。然而,這些鐳射或旋轉刀片使刀具更加昂貴,使成型操作複雜化。例如,如果零件中需要一個大螺紋,則可以通過包括工具的旋轉部分(從工具中刪除零件的"非線程")在工具內形成這些螺紋,從而消除(輔助)螺紋操作(在工具外部完成)。但是,將線程作為輔助操作點擊可能比將線程包含在更複雜的工具(具有"行動裝置)中的成本要低。零件的某些孔可以通過所謂的"交叉關閉"在工具中形成。此交叉關閉"刺穿"側壁與一個角度匹配的片段。但是,交叉關閉的負數是 **t ool** 中的「階梯」分段線,使工具稍微複雜化。同樣,與工具供應商/模具商的討論對於決定權衡選擇非常寶貴。
5. 拔模應盡量大方,同時不影響均勻的壁厚或設計。零草稿是 **possible** 在某些領域 - 請與模子交談!(例如,如果零用草案允許零件"彈簧",則文本實際上會產生不需要側拉的"下切"。所需的草稿量是:

- 材料
- 收縮
- 零件設計需求
- 紋理的粗糙度

肋骨上最小拔模允許更高的肋骨,同時保持相對均勻的壁厚,肋骨與壁相交。

6. 在設計中,對**鋼筋**的量保持自由。這是使用模制塑膠部件的優點之一,在部分加強肋骨可以添加,成本開銷很小。這些肋骨增加剛度和控制熔體流量。應探索肋骨的圖案,如圓形和矩形。相互連接的肋骨或側壁可增加零件的整體剛度。
7. 小心零件上「**焊接線**」的確切位置。當材料在零件內流動並滿足(自身)在塑膠單元的對一側(在工具門處)時,就會發生焊接線。這些焊接線導致零件的結構薄弱區域(因為材料在兩個熔化路徑的這個關頭冷卻)。此外,焊接線在零件重新絕緣的外表上顯示為實際的「線」,這是必須解決的美學問題。
8. 想想零件設計中產生的區域,這些區域會產生 **very** 工具本身非常薄的部分(甚至彎曲的芯銷)。這些薄刀具部分可能難以維護,而佈雷亞卡奇可能導致部分成型延遲。始終尋找添加"部分"到模具,可以很容易地刪除。這些部份 (**工具插入**) 可用於以下任一:
  - 易於維護
  - 輕鬆產生另一個零件方差,例如,帶孔的零件和無孔的零件

例如,將零件修訂級別放在工具插入上是非常常見的,以便隨著修訂級別的更改,只需要修改(小型)插入。
9. 考慮 **adding features** 在設計中添加有助於對齊(或結構說明)配合零件的要素。例如,在零件中添加圓形凹槽,該零件可以配合具有圓形正銷的零件,有助於這兩個零件的配合配對的整體設計。
10. 考慮 **模具剝板銷**將在**哪裡**被除位,以及"多少"。脫衣銷將說明在零件凝固(大約)后將零件從模具中彈出。然而,他們通常會在(希望)非整容部分留下標記。這些位置應由簽名者審查,以確保它們處於最佳位置。例如,不應將剝衣銷放置在墊片在設計中的位置(因為墊片表面不會平坦)。
11. (是的,前十名中的第 11 個上市。搜索文獻,查看其他塑膠部件以獲取知識。多年來,在以下領域獲得了許多"部落知識"
  - 貼合設計
  - 用於塑膠部件的緊固過程(裝配方法)和緊韌體
  - 新材料混合
  - 模具內裝飾

一般塑膠設計過程遵循以下六個步驟:此處假定文檔的正確修訂控制 - 參見 Chap. 12 關於文檔。設計評審大致是指包括單個部分和整個專案審查週期中的任何和所有人員(應包括內部審查員、承包商和供應商):

1. 零件設計。審查設計。
2. 放置工具出價。發送的 CAD 檔(視適用)。設計由模具供應商和樹脂製造商審查。將再次審查對設計的任何更改。同意工具開發和第一條文章運行的時程表。同意第一條接受計劃。同意已知部分的所有定價(包括需要固定)。



3. 最終設計獲得批准;工具採購訂單被放置在特定的(並同意)修訂級別。
  4. 刀具製造商輸入 CAD 檔並添加正確的收縮係數(零件將從模具中收縮出來),以確保零件幾何體正確。
  5. 定期安排會議,以審查項目里程碑。更新提供給專案管理。對零件和/或時程表的任何更改都明確廣播。
  6. 製作並審查第一個藝術。考慮的修改包括對專案進度的影響。酌情計畫零件的預生產運行。
- 4.7 C 酸結金屬

## 4.7 鑄造金屬

鑄造金屬與前一節關於成型塑膠有很多共同之處;但是,有一些明顯的區別。首先,如上文所述,實際上有相當多的成型塑膠工藝,鑄件工藝也是如此。有許多鑄造技術。卡刺技術通常因:

- 金屬鑄件
- 零件常鑄的大小範圍
- 預期由流程持有的容差
- 工具成本
- 零件價格
- 表面光潔度預期
- 建議的最低草稿
- 正常最小截面厚度
- 訂購數量
- 正常提前期

常見的鑄造技術如下所述(參考 [10],此外,在參考 [11, 12]):

- 壓鑄:熔融金屬在壓力下注入硬化鋼模具,常冷卻。模具打開和鑄件彈出。
- 永久模具:熔融金屬是重力倒入鑄鐵模具,塗有陶瓷模具清洗。核心可以是金屬、沙、沙殼或其他。模具打開,鑄件彈出。新的 LPPM 方法壓力傾瀉高達 15 psi。
- 投資(丟失的蠟):金屬模具使蠟或塑膠複製品。這些被澆注,然後用投資材料包圍,烤制出來,金屬澆在結果的腔中。模具損壞以拆下鑄件。
- 石膏模具:石膏漿 I 倒入圖案半部分,並允許設置;然後模具從圖案中去除,烘烤和組裝,金屬倒入結果的腔。模具損壞以拆下鑄件。
- 陶瓷模具:陶瓷漿料倒在應付和拖動圖案上,允許設置,然後模具從圖案上去除,並烘烤(在 1800°F),產生堅硬、穩定的模具。用或不帶芯組裝的模具和金屬倒入產生的腔中。模具損壞以拆下鑄件。
- 石墨模具:類似於陶瓷模具,代替外墨模具。芯銷通常是鋼製的。

- 樹脂殼模具:樹脂塗層的沙被倒入熱金屬圖案上,固化成殼狀模具半部分。這些從圖案中移除,與芯組裝或無芯組裝。金屬被倒入再蘇丹的腔中。模具損壞以拆下鑄件。
- 沙鑄造:鋼化沙被包裝在木材或金屬圖案半部分,從圖案中去除,與或不帶芯組裝,金屬倒入由此產生的空腔中。可以使用各種核心材料。模具損壞以移除

**表 4.2 鑄造技術錶(從 +6\*)**

技術	金屬	大小範圍	公差(英吋)	表面光潔度(rms)
壓鑄	Al/鋅/鎂	<2 英尺 <sup>2</sup>	0.001–2	32–63
永久模具	Al/鋅/黃銅	盎司 = 100 磅。	0.015 基本	150–250
投資	最可施職	盎司 = 150 磅。	0.003 基本	63–125
石膏模具	Al/鋅/黃銅	<3 英尺 <sup>2</sup>	0.005 基本	63–125
陶瓷模具	最可施職	<350 磅。	0.005 基本	80–125
石墨模具	鋅或鋅-阿爾	盎司 = 10 磅。	0.005 基本	63–125
樹脂殼模具	最可施職	<4 英尺 <sup>2</sup>	0.008~10 基本	125–350
沙鑄	最可施職	奧茲和向上	0.03 基本	150–700
金屬噴射模具	鐵	1/4 磅以下	0.003 基本	45
粉末金屬	黑色/SS/Al	20 在 <sup>2</sup>	0.004 基本	16–90

鑄件。現在使用的專用活頁夾可以改善公差和表面光潔度。

- 金屬注塑成型:將非常精細的金屬粉末與粘合劑材料結合注入模具中。零件被彈出,粘合劑熔化或溶解,真空燒結,在 94-99%的理論密度中重新絕緣。
- 粉末金屬:金屬粉末在上下沖孔之間壓在模筒中。下沖孔彈出部分,如果需要閉壓公差,則該部分隨後進行燒結和大小調整。

下表 4.2 總結了各種鑄造技術的上述差異。

鑄造零件一般採用注入模製零件的類似約束,即各角所需的恆定壁厚和半徑,但存在一些無保留性差異。由於大多數鑄造材料更脆,它們更容易在尖角產生應力,因此需要更大的半徑。注塑產生的水槽對鑄件不是大問題;然而,零件仍然需要芯,以保持恆定的牆壁(和節省重量)。

鑄造工藝雖然與注塑類似,但會導致必須解決的獨特問題:

**A. 孔隙**鑄件不是均勻的。鑄件的"皮膚"(外層,可能為 0.020 英寸厚)相對光滑和連續。這是因為與金屬的「熔融」流動相比,模具表面本身相對涼爽,而且材料的外緣形成皮膚密度。就在此皮膚下方,可能是一個空氣(氣體)被困在金屬中相對"多孔"的區域。如果外部表面有機器切割,則孔隙度(不均勻金屬)區域可能會暴露出來。機器切割有時在鑄件外部進行,因為任何特定尺寸上的耐受性可能相當高。例如,名義上設計為 4.000 英寸的外部尺寸可以投射到  $\pm 0.010$  英寸。因此,如果設計所需的鑄件達到 4.010 和 4.000 英寸,則可能需要 0.010 才能從鑄件中加工掉。將零件加工 0.010 可能會帶走堅硬的皮膚,揭示潛在的孔隙度。



#### 4.7 C 酸結金屬

此外,「如鑄」表面可能不夠「平滑」的設計,如果設計需要低表面粗糙度(如用於壓力密封的表面)。如果「鑄」表面粗糙度為 500  $\mu$  英吋,並且需要 32  $\mu$  英寸表面(例如)來提供密封表面(帶有 O 環),則有關表面將需要加工。

壓升有時用於在壓鑄件中形成壓力緊度和光滑表面。在指定浸漬時,目前使用厭氧和甲醯胺的系統。這些系統生產密封鑄件,準備進行壓力測試。

在鑄件中,P 或極性也造成了嚴重的品質控制問題。由於孔隙度可能是鑄造過程的結果(溫度和壓力的適當設置,加上原料材料的一致性),因此孔隙度可能發生在零件中,甚至在某些點,即使批次中的某些部件沒有孔隙度。如果孔隙度發生在零件中,在負載下的關鍵橫截面處,則零件可能會失敗。因此,必須篩選孔隙度,並且必須控制和監測該過程。如果該部分是涉及安全或國防需要的"任務-critical"部分,則需要採用一些方法來保證零件的強度。

**B. 二次操作所需的鑄件通常需要在鑄造過程後進行一些"大型"操作,才能為最終裝配做好準備。這些操作可分為加工和裝飾/防腐塗層。**

與注塑成型零件類似,必須拆下材料"進入"零件的區域(在"雲杉"處)。也就是說,需要進行加工操作,從注塑雲杉中去除零件上殘留的材料的殘餘物。此加工操作可能像手夾鉗一樣簡單,可以去除殘餘,但如果此殘餘位於表面可見表面上,則可能更精細。與注塑成型零件不同,鑄造過程通常還涉及"修剪模具",以去除模具分型生產線上的材料,這些材料要麼被作為"閃光",要麼被故意允許用於幫助填充整個零件的固體金屬。此「修剪模具」可以由壓機加夾具組成,以控制修剪過程或相當「不受控制」(如「手工完成的砂輪」。由於上模和下模之間的小不匹配,"閃光"occurs。當上部和下模"走到一起"時,鑄造過程的壓力迫使少量(0.001~0.005 英寸)的材料被"噴出",隨著模具的使用越來越多,這種情況會越來越嚴重。修剪模具(和夾具)可能花費數千美元,以避免手工修剪。因此,這是另一個成本/時間決定,以證實任何工具支出。

各種表面處理系統可應用於壓鑄件,以提供裝飾效果、防腐或增加的硬度和耐磨性。建議向供應商和參考物尋求有關表面處理的具體資訊,因為這些資訊因鑄造材料和表面處理的目的而異。例如,對於鑄鋁:

- 裝飾性表面裝飾可以通過油漆、拋光/環氧樹脂、電鍍和粉末塗層來實現。
- 環境腐蝕屏障可以通過油漆、陽極化、鉻酸鹽和異鐵礦來實現。
- 填料和密封表面/地下可以通過浸漬實現。
- 硬陽極化可以提高耐磨性。

鑄造的設計師不應沒有參考參考材料參考參考 [13].壓鑄件的 NADCA 產品規格標準是顯示所需背景資訊的「聖經」,包括:

- 工藝和材料選擇
- 用於壓鑄的工具
- 合金資料

- 專案和設計(特定於壓鑄件)
- 品質保證
- 商業慣例

## 4.8 尺寸/托蘭茨ing

### 4.8.1 "標稱尺寸"的選擇

這可能是這本書中一個不尋常的部分,但我相信它將在設計偉大部分的旅途中大有說明。我想從一些基本知識開始,說明我們為什麼像我們一樣選擇"數位",以及數位選擇如何導致設計。設計人員如何最終對零件進行尺寸標註,可能會導致多年的無故障裝配和非常滿意的客戶。如果操作不正確,則零件處於"不合合"和"出託"狀態,並且將發生裝配線停機。從某種意義上說,這本書的這一部分是《章》的前奏。[6](#) 關於裝配和可維修性,因為適當尺寸和公差零件將導致這些零件的製造裝配非常平穩。

關於單位英語系統與單位公制的評論也是適當的(見單獨討論)。我甚至想開始這個討論,我實際上如何開始設計"零件"(這實際上是工具夾具和夾具,以 perf 或 m 加工或零件焊接)。在此之前,CNC的零件、計算機和 CAD 是"標準工具箱"的一部分。實際上,我們設計零件時考慮到了零件。也就是說,我們嘗試使用"尺規"(或更正確)的比例標記來設計零件。刻度(通常)分為每 1/32 英寸的標記,即每 0.03125 英寸有一個標記。此外,還有 1/16 英寸(0.0625 英寸)、1/8 英寸(0.125 英寸)、1/4 英寸(0.25 英寸)和 1/2 英寸(0.50 英寸)間距的標記。因此,我們的設計可以「拍攝」數位,如:

- 3.00
- 3.50
- 3.625 (3.62)
- 3.6875 (3.68)
- 3.71875 (3.72)

請注意,這些數位變得更加"不均勻",因為它們增加了一些較小的小數( $1/2$ 、 $1/8$ 、 $1/16$  和  $1/32$ )。另請注意數字的「四捨五入」到偶數。為什麼選擇偶數? 好吧,如果整體零件選擇為 3.68 英寸,如果一個人想在零件的半路上放置一個孔,那麼這個洞將放在 1.84 英寸。如果整體零件選擇為 3.69 英寸,則半寬的孔在 1.845 英寸處將 be,但此 3 位置尺寸"意味著"比實際需要的"更緊密"容差(本節後面稍後將對此進行更多討論)。

另請注意,具有小數標記的此刻度實際上具有刻度(另一側),其刻度以 0.020 英寸為增量。因此,零件本來可以以"十分之一"的增量設計,例如 3.120 英寸,但同樣,分數更常見。

這就名義上或"平衡"展開討論。設計師更傾向於選擇偶數,因此,在以下兩者之間作出選擇:

- 3.00 • 3.10 • 3.25 • 3.26
- 3.27

我想說,設計師會選擇他們的順序在上面(從上到下),不考慮大小,只是由數位。我相信 3.25 可以選擇超過 3.26,因為 3.25 是  $3\frac{1}{4}$ 。3.26 確實有一個優點,它是一個偶數 r(容易除以兩個)。3.27"痛苦",因為它不是一個常見的分數和奇數。上面的討論假設一個人想要在小數點兩位的數位。

#### 4.8.2 美國工程單位與國際單位系統

關於尺寸/容差的 comment 在單位系統(英寸或毫米)中都很有用。在美國,我們可能會開始設計認為 3.000 英寸是名義上的或"開始的地方"。在歐洲,"相同"處的起始位置可能是 75 mil 立米(等於 2.953 英寸)。

如果設計開始於美國 3.000 converted 英寸,則如果產品要在歐洲製造,這些圖紙將精確轉換為  $3 \times 25.4 = 76.2$  毫米。我試圖區分「轉化因數」(英寸到毫米)和「設計師起源心態」。所以,如果我是美國(美國教育)的設計師,他為一家歐洲公司設計零件,我可能會創建一個設計,其開始是"均勻"毫米的標稱尺寸,所以我從 75 毫米開始,作為這個尺寸(而不是選擇 3000 英寸)。我在這個一般數字範圍內的選擇包括:

- 70mm × 75 mm
- 80mm

#### 4.8.3 CNC 控制機床 前後的世界

在將計算機添加到機器之前,使用機床,機械師會用手在錶盤上"撥入"讀數,然後"進行切割"。例如,在車床車削機上,如果直徑為 2.000 英寸(2.000 標稱,with 容差為  $\pm 0.002$  英寸)是"最終"直徑,在桿上進行初始切割;對零件(物理)進行的測量可能直徑為 2.015 英寸(初始切割總是進行,因此它會導致零件稍大,從

某種意義上說,在想要的尺寸上"偷襲")。然後,車床上的工具將在零件直徑上"歸零",然後錶盤將移動到 0.0075。切割,0.0075 深的零件,理論上將採取該部分下降 to 2.000 英寸。如果對零件進行另一次測量,它可能會測量直徑接近 2.000 英寸。當然,添加裝飾、電鍍或油漆的複雜性是另一個需要考慮的因素,但讓我們保持簡單,現在不考慮其他精加工操作。從車床中取出零件后,將對其進行檢查。如果零件介於 1.998 和 2.002 英寸之間,則該部件將作為正確且符合規範的"通過"。此一般程式,即歸零、直徑、切割和檢查,產生了「行業可接受」標準,以高效方式達到零件(在  $\pm 0.002$  英寸的容差範圍內)。也就是說,機器、機械師和檢測流程以"合理的方式"提供零件。公差變緊,例如  $\pm 0.001$  英寸,由於機器、機械師或檢測過程比較困難,零件將更昂貴,導致生產可接受的零件的時間變慢。此外,要求零件更寬鬆的公差,例如  $\pm 0.003$  英寸不一定會導致零件成本降低,因為  $\pm 0.002$  英寸將是"標準做法"。當然,機器商店會享受更寬鬆的容差,因為他們的拒絕率會下降,但這些節省我們可能不會傳遞給客戶。同樣,我在這裡提出一個論點,即與您的供應商合作指定容差,以在零件需要什麼和可以合理(或通常)生產的產品之間找到平衡。

請注意(參見參考文獻[14],機械手冊),在正常條件下,轉彎加工操作將在 7-13 級範圍內產生工作。對於直徑為 2.000 英寸的公差,容差為  $\pm 0.002$  英寸是合理的(但困難)。從參考[9]中,"正常一致遞歸"將為  $\pm 0.005$  英寸。

現在,使用 CNC 控制的機器,零件成本已經降低。這是由於幾個因素:

1. 總時間縮短到生產零件。一旦機器被程式設計,機器將按照該程序移動,基本上消除了"機械師"。因此,不需要「撥號移動」。(當然,仍然需要機械師來"監督"一般意義上的操作。
2. 由於機器消除了「操作員錯誤」,因此需要較少的檢查。確定要檢查。
3. "機器"可以改變刀具、速度/進給、加工軸,以及以機器控制的方式改變任何加工操作。這比人工操作工的速度要快。
4. 零件設計的微小更改很容易既成正成 - 快速修訂程式,並快速生成新的修訂部件。即使是廣泛的更改仍然意味著相對簡單的程式更新。
5. 加工"因數"可以內置到程式中 *adjust*,以適應可能發生的任何加工情況。例如,如果沖孔導致 x-y 座標中的孔的公差不容差,則可以「調整」程式,使該孔位置進入托勒。

CNC 控制的機器("條紋")的平金屬沖孔允許 x-y 表移動和刀具通過頭部旋轉進行更換。與前代機床相比,這減少了設置時間、消除固定和機器更換,從而節省了大量時間。

由於輸入到 CNC 控制的機器是計算機程式,零件只是傳輸到這些加工程式的數位數據的結果。這允許極快(和"無錯誤")將"設計意圖"轉移到"finished 零件"。

#### 4.8.4 整體尺寸和設計

為了繼續標註的一般主題及其與設計的關係,一些約束通常是設計的開始。下面是一些示例:這些範例的一般假設包括:

設計中需要最小尺寸和重量,成本(Chpt4)。

一個物件和另一個對象之間的最小間隙為 0.010 英寸。這在實際設計中明顯有所不同,具體取決於將使用存儲模組的對象和環境。

外殼的標稱厚度為 0.050("厚度公差"將單獨討論),但厚度目前僅為 0.050。

最先進的設計可能需要從定製鍍金儀錶到"固定"解決方案,包括"去/禁止"解決方案,基本上允許零件在無(或 *very* 極少)公差下進行製造。這些示例不會考慮這些類型的情況,而是更"正常"的設計情況。同樣,考慮到無限的時間和金錢,只要一個回合,任何例外都可以採取的例子。設計通常採用以下兩種思維之一:參見圖。4.2.

尺寸目標"設計:外殼必須小於 3.5 英寸。這是因為以前的產品是 4.0 英寸(或競爭產品在 3.6 英寸)。在這種情況下,我們從總外殼大小 3.5 英寸開始。如果要將一個 3.0 英寸長的元件放入我們的外殼中,我們立即知道牆的 *in* 邊和元件之間的「標稱」距離是:3.5 減去 3.0 減(2 乘 .050) 除以 2。這等於 0.2 英寸。我們已經"接受"3.5 英寸外部尺寸,並且"接受"牆壁和元件之間的 0.2 英寸間隙。

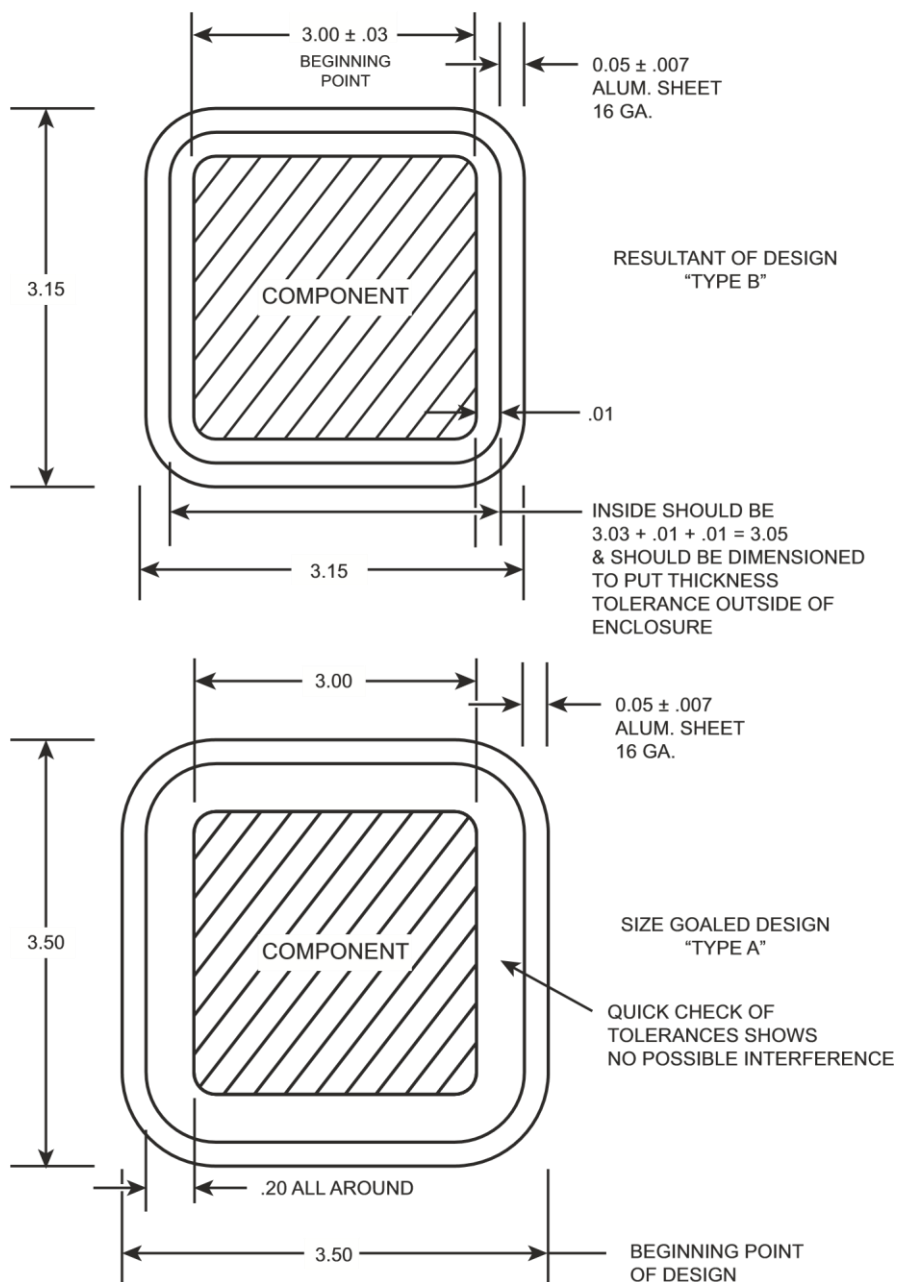


圖 4.2 總體尺寸和給定設計

"給定結果"設計:一個 3.0 英寸長的元件將被放入機櫃中。該"設置"外殼的(最小)大小為每側 3.0 + 間隙 (0.010,估計現在) =外殼兩面壁的厚度(僅按"x"方向);因此,機櫃的總體尺寸為:

$$3.0 + 0.010 + 0.010 + 0.050 + 0.050 = 3.120 \text{ inches}$$

但是,我們尚未說明"3.0 英寸元件"的容差。假設此元件的**最大**大小實際上是 3.03 英寸。這將機櫃外部的最小大小增加到  $3.12 \times 0.03 = 3.15$  英寸。

讓我們仔細看看間隙和厚度數位,並調查 t 軟管編號上的公差。

外殼的厚度實際上會有一個公差。讓我們對各種材料進行調查:

鈹金厚度:鈹金通常提供標準儀錶,對厚度具有標準公差。16 高格鋁板,這是"名義上"0.050 英寸厚,有  $\pm 0.007$  英寸的公差在其厚度 (5050 鋁,100 英寸庫存寬度) 每 [10]這是我的經驗,厚度將「總是」在「薄的一面」的公差(但可以進來

"厚邊")。一般去毛刺的盤子(沖孔前)將採取  $0.001^*$

厚度為 0.002 英寸,而某些電鍍會添加  $0.001^* 0.002$  英寸。設計人員應規劃標稱儀錶厚度(對於 most 設計),除非實際上有必要考慮特定的厚度公差。請注意,應在最大和最低條件下檢查間隙,以確保在裝配和客戶使用中適當適合。

因此,設計 usu 盟友繼續作為大小目標或"給定的產生"類型的設計。尺寸目標設計可能會節省一些時間,但是,給定設計的結果通常是一個更好的方法,以得到**最小尺寸**的設計。

## 4.8.5 容忍理論:需要

由於零件不能完美地生產,因此需要對零件尺寸進行容忍。製造技術不能生產完美的零件。這可能是顯而易見的。實際容差量基於幾個(可能是相互競爭)的因素:

1. 成本(較大的公差製造成本更低)。
2. 與零件(同一零件)需要**互換一樣**,所有對公差製成的部件都必須工作。
3. 與其他零件配合的元件必須與所有零件在容差的極端進行配合。

因此,指定容差的「預設過程」是:

1. 選擇合理或最常見的製造工藝的公差。例如,如果零件是直徑為 0.25 英寸的零件,例如 2.00 英寸長,則使用 CNC 控制的主軸機器(或車床)生產此零件的常用方法。直徑上的「行業公認」容差可能為  $\pm$  或  $\pm 0.002$  英寸。如果零件是**投資鑄件**,則直徑的公差可能為  $\pm$  或  $\pm 0.001$  英寸。
2. 如果 abo 已經為設計所接受,則希望增加公差,在整體設計中重新檢查可接受性。增加公差將允許更多的部件通過檢查,這應該(可能)導致整體成本降低。



3. 即使最常見的製造製程不會產生這種公差,如果設計要求更嚴格的公差,也不會產生這種公差。與零件製造商核實,更嚴格的公差是可以實現的(合理)或以什麼成本實現的。

Each 尺寸(位置、孔大小、角度等)必須具有容差,要麼在圖形上明確說明,要麼作為繪圖上整體表示法的一部分。

某些設計需要公 *very* 差極低的零件。也就是說,如果零件的製造超過這些公差,它們就不起作用!

大多數設計應允許"標準行業"容差具有成本效益。這些「標準行業」公差通過以下發現:

- 諮詢零件製造商
- 研究品種行業可用的標準
- 使用設計師以前獲得的知識(即經驗)

公差以多種方式列在圖紙(文檔)上。繪圖上的單個尺寸可以具有自己的公差;可能有註釋在多個維度上定義公差,或者繪圖上有一個註釋,涵蓋每個 *vision*。在任何情況下,每個維度都確實有一個容差(應指定)。

有幾種方法進行標註。例如,名義上為 2.000(容差為  $\pm 0.005$ )的維度可以在圖形上指定為:

- $2.000 \pm 0.005$
- $2.005/1.995$
- $2.005 = 0.000 = 0.010$ (單邊尺寸)
- $1.995 \times 0.010 \times 0.000$ (單邊尺寸)

如果容差是奇數(例如,0.003 總計),這將生成一個雙邊尺寸化的範例,如

- $2.000 \times 0.002 \times 0.001$

但是,這將是一個相當罕見的事件。

在製造過程中移除材料時接近臨界尺寸時,單邊尺寸是有利的,例如近合孔和軸。因此,對於軸(材料是 *rem* 排列的),限制的高側首先顯示為:

- $2.005 \times 0.000 \times 0.010$

但是,將此維度列為

- $2.000 \pm 0.005$

容差的小數位數應與基本維度顯示的小數位數匹配。例如,給定為 2.000 的維度的容差將列出為  $\pm 0.010$ (而不是  $\pm 0.01$ )。

### 4.8.6 容忍理論: 容差的累積

每個零件的總尺寸(長度/寬度/厚度)為最小。此外,零件通常還具有需要標註尺寸的特徵(切口、孔等)。在尺寸標註中,考慮一個公差對另一個公差的影響是非常重要的。當曲面在給定方向上的位置受到多個公差圖的影響時,公差是累積的。例如,在圖中。4.3,曲面 A 的位置可以從曲面 B 或曲面 L 進行控制:

在"累積公差"中,曲面 L 中的曲面 A 位置的公差為  $2.000 = 0.000 = 0.010$ 。

在"基準線尺寸標註"中,曲面 L 表 A 的位差為  $2.000 = 0.000 = 0.005$ 。

因此,如果特徵(表面 A)需要更緊密地與 Surface L 保持,則應直接從同一特徵對該要素進行標註。

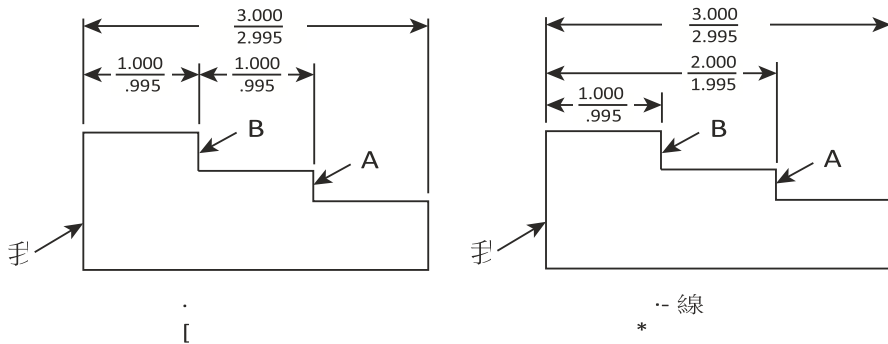


圖 4.3 公差累積

應分析每個維度,以確定應準確控制哪些要素(從尺寸調整中),以便公差不會從"不相關"特徵中累積。

### 4.8.7 偵測尺寸(關鍵尺寸)

零件可以具有數百個尺寸。要完全指定某些部件上的每個要素,需要相當長的時間。從歷史上看,繪圖上的每個要素都經過尺寸標註,以便檢查和發現該要素是否符合規範(繪圖)或不符合要求。隨著用於設計和創建圖紙文檔的 3D CAD 系統的出現,完全有可能以數位方式傳輸所有零件資訊,而無需在圖紙上實際指定任何尺寸,並且該零件在「標稱指定尺寸」處製造。也就是說,相距 3.000 英寸的要素「繪製」正好相距 3.000 英寸,該數位是零件製造商獲得的檔的組成部分。任何人誰提出 their CAD 系統上的部件檔可以查詢該檔,並看到這些功能需要相距 3.000 英寸(作為 CAD 檔的一部分,具有聲明的容差)。事實上,檢查部門如果能夠造訪 CAD 檔,可以檢查部件(可能使用 3D com 推桿控制的檢測系統),並確定該維度 (3.000) 是否在容差範圍內。

因此,問題就變成了誰確切需要知道維度,以及尺寸顯示在繪圖文檔上的目的是什麼?他回答這個問題對於每個組織來說可能不同。一些組織已經決定,不是指定每個維度,而是維度的子集。

在零件上標註尺寸以確定零件是否"通過檢查"的尺寸已成為常見做法。對於只有(相對)少數維度的零件,這可能意味著所有維度都被視為"關鍵"。在具有數百個尺寸的零件上,這些維度的子集可以被視為"關鍵",並且必須通過標準檢測程序進行驗證。這些程式可以是 100% 檢查或某些商定的抽樣過程,檢查率低於 100%。

哪些維度將被視為「關鍵」,從而檢查 d?指定此子集(所有維度)的候選項包括:

1. 該功能對零件的功能是否至關重要?如果要素(孔、切口等)與另一個零件配合,則這可能被視為"關鍵尺寸"。如果以某種方式涉及安全 i,那麼該維度將放在必須檢查的「關鍵」類別。 *must be inspected* .
2. 該特徵是否具有「特殊」(非標準)容差,將該維度置於「關鍵」類別中?如果是這樣,該維度可被視為"通用維度"。
3. 某些尺寸(當零件已原型化)是否存在問題,因為它們似乎會導致零件製造商出現一些問題,導致該部件出現問題?如果是這樣,該維度是另一個候選點,將「關鍵維度」化為「關鍵維度」。

"關鍵維度"的概念會產生一些問題,因為任何特徵(無論多麼"微不足道",如內部半徑),如果不是公差,都可能導致問題。只是許多維度在不引起任何問題方面的概率很高 *not*,因此,只有很小的百分比可以被視為"批評"。

#### 4.8.8 真實位置尺寸

真實位置尺寸標註,或者更具體地說,幾何尺寸標註和容忍,是一種指定工程設計和繪製要求的方法,與零件特徵的實際"函數"和"關係"有關。此外,這是一種技術,如果應用得當,可確保這些功能最經濟、最有效的生產。該系統的主要目標是設計、生產和檢驗組之間的統一解釋。我不打算在這裡介紹細節,而是簡要概述幾何尺寸和容忍(GD&T)背後的基礎和推理。目前關於使用「GD&T」的權威檔在參考文獻 [15–17] 中顯示。

GD&T 的基本原則之一是從"矩形容差區"變為"圓形公差區"的想法。矩形座標系中的法位公差允許"方形"容差區域,而容差區變為具有真實定位的圓(圓的面積大於正方形的面積為 57%)。

製造業正在轉向幾何性容忍,主要是因為它提高了生產率,降低了成本。優點包括:

- **Increa** 通過指定最大但可行的公差來提升生產率,在許多情況下允許製造變化超出尺寸容忍(較舊的容忍系統)指定的公差

- 通過具體說明與零件功能相關的設計要求,並利用節省時間的功能量具,使配合部件的可互換性
- 圖紙及其解釋的統一性,確保工程、製造和 quality 控制之間的有效溝通

如果四孔的圖案位於零件邊緣,並且孔之間給出距離(包括四個維度上的公差),則會增加配對無法組合的零件的幾率。相反,如果四個 holes 的陣列位於零件邊緣,並且在孔之間使用 X 和 Y 的基本(精確、理論、不容差)尺寸,同時添加「真實位置」尺寸,則該陣列的潛在位置不會模稜兩可。

如果將帶有  $\pm 0.005$  英寸公差的單個 hole 位置替換為直徑為 0.014 英寸的位置公差區 diameter,則公差"區域"將從矩形( $0.010 \times 0.010$ )區域增長到圓形  $+4 (0.014)^2$  區域,從而產生 57% 的區域增加。這可以等同於"真實世界"的拒絕率從每 100 個四個部分,減少到每 100 個兩個部分。因此,通過從維度的寬容到位置的寬容,有更可接受的部分。

完整的真實位置尺寸測量包括:

1. 基本定位大小 (不適用公差)
2. 運算式(表示),如位於要定位的要素 within.XXX DIA(或位於真實位置的 within.XXX R)位於真實位置
3. 基準參考

為了防止誤解,應始終就基準確定真實立場。

實際上,「圓形容差區域」等於位置公差,特徵的軸(通常是孔)必須位於圓柱體內。孔的中心線可能與圓柱形公差區域的中心線重合,可以平行,但置換以保持在公差缸內,或者在保持公差缸內時傾斜。因此,孔的軸不僅在 2D 中定義,而且以 3D 定義,這是孔型形態可接受性的更多功能描述。如圖所示。4.4.

通過 GD&T 表示幾何公差的方法定義了直度、平坦度、平行性、垂直度、角度、對稱性、同心度和圓度的條件。例如,附加到圓柱體上的註釋,其中指出"直線在 0.010 總計內「是語句的」速記」:

無論要素的實際大小如何,曲面的任何縱向元素都必須位於兩條平行線 (0.010 分開)之間,其中兩條線和要素的標稱軸共用一個公共平面。

因此,「標準化」說明傳達了設計師、製造者和檢驗部門普遍理解的非常明確的含義。

基準特徵是 GD&T 中功能強大的工具。應根據其能力進行選擇:

- 功能
- 配合曲面
- 易於存取
- 重複

關於基準的一些其他事實:

- 基準是理論上精確的幾何參考。

- 主基準提供特徵方向。
- 基準假定存在於零件本身上。
- 基準從工具點或曲面建立。
- 表面板和 V 塊是類比基準。

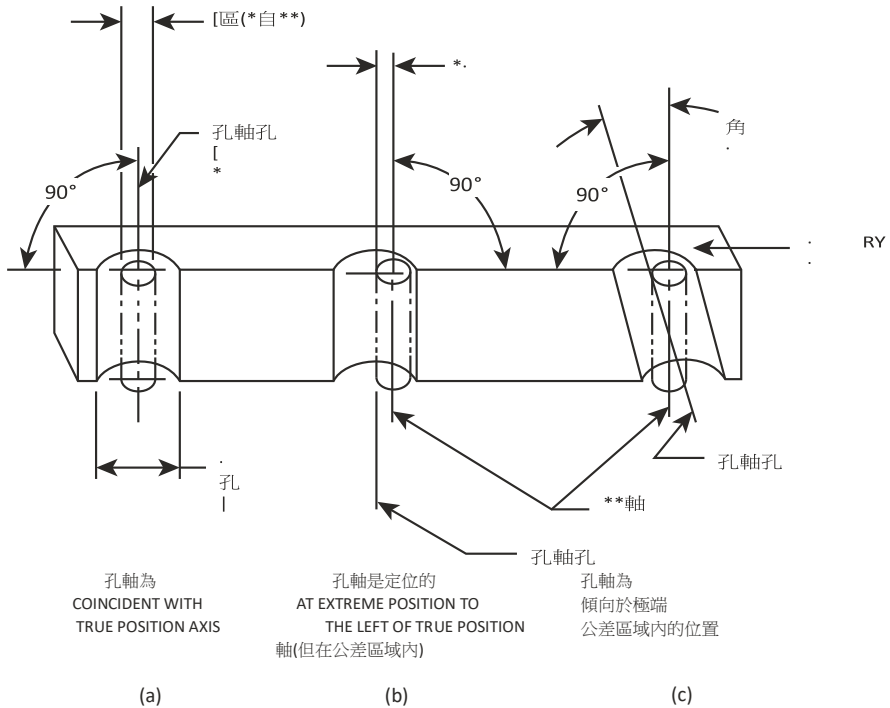


圖 4.4 位置公差控制垂直性

- 基準特徵(是與類比基準曲面配合的零件的實際特徵)包含不準確之處。
- 達圖 m 參考框架由三個互垂直平面組成。

GD&T 也有"修改器"的概念。修改符與特徵控制符號結合使用,以識別幾何容差區域受大小容差的影響。最常用的修改器是最大材料孔徑 (MMC) 或不考慮要素大小 (RFS)。

MMC 在圖形上顯示為「圓形 M」,而 RFS 在圖形上顯示為「圓形 S」。

MMC 表示物件中可能材質最多的材料,並且用於特徵控制符號。這意味著地球環境容差將只影響 MMC 中零件的大小。(真正的位置符號"帶十字頭髮的圓圈"表示 MMC)。

RFS 表示幾何容差將影響任何物體的任何生成尺寸。大多數幾何特徵(直度、平坦度等)表示 RFS。

讓我們來看看修改器的使用如何影響幾何容差區域。我們將瞭解三個範例:

- 一般(非 GD&T)
- Mmc

- RFS

尺寸為  $0.25 \pm 0.02$  的條形圖均以 0.27 到 0.23 的可接受尺寸生產。

對於傳統的公差,對 on the 直度沒有控制。

使用 GD&T(直度符號)和 MMC(或 RFS),最大出直度會隨著生產尺寸的變化而變化:

大小	麥克斯。出直度	麥克斯。出斯特尼斯特
	Mmc	RFS
0.27	0.03	0.03
0.26	0.04	0.03
0.25	0.05	0.03
0.24	0.06	0.03
0.23	0.07	0.03

同樣,幾何寬容是一種強大的技術,可幫助設計人員思考零件設計的"控制特徵"是什麼,以及如何實際檢查零件以確定這些特徵是否符合繪圖(design)。列出了其他引用。

## 4.9 現成元件

電子外殼的設計者必須始終從搜索已設計的內容開始,這些設計可用於新設計。搜索應包括公司外部的 inside(在設計師自己的公司內)源或 OEM。

設計器已經可以使用的範例包括:

- 緊固件、墊件、支架、螺紋刀片、銷、彈簧
- 散熱器、絕緣體
- 機櫃、機架、幻燈片
- 橡膠墊圈、保險杠、防震器、墊片、O 型環
- LED、顯示產品、開關、按鈕
- 電纜、連接器
- 標籤、銘牌

有時,現成的部分並不是所需要的。決定要麼對新零件進行 make(這正是想要的),聯繫 OEM 以查看是否可以實現略有不同的版本,或者需要根據現有零件調整設計。決策應與成本、時間和規範的一般約束相一致。此外,OEM 供應商的目錄通常包含相關的設計資訊,這些資訊可用於設計與目錄中的部件類似的部件。

應考慮再利用另一個 design 的部件。例如,如果需要新的精簡機櫃,是否可以重複使用當前機櫃的上部?

## 4.10 原型設計

我試圖寫這本書,以便它與設計師及時前進相關,也就是說,不把技術材料放在文本中,很快就會過時。關於原型設計的這一節是"有風險的",因為我已經看到,用於原型設計的技術經歷了我 30 多年的設計設計中最大的變化,我可以看到它們繼續以快速的速度變化,使得我現在所說的關於特定過程的很多內容過時了(也許在出版之前)。然而,有一件事不會過時,那就是原型製作的必要性。

原型蛋白 **g** 對於任何工程產品的高效設計都是必不可少的。製作一個快速,相對現實的"最終想法"的表示,讓團隊中的每個人都瞭解專案正在朝著什麼方向發展。原型要麼將實踐向前推進,要麼引起對當前思維的重新評估。原型可以是整個專案的任何部分,從產品的一小部分到整個成品。

我見過許多(非常)粗糙的原型實例,為設計團隊提供驚人的快速資訊。紙張、紙板和剪刀可以快速說明設計的某些方面 - 同樣,原型生產的速度怎麼強調也不過分。

圖紙本身不會讓設計團隊中的每個人都知道設計"會是什麼"。即使是三維表示也不能完全傳達設計。有一些設計工程師可以只看圖紙,看到最終設計將實現目標;然而,有些人沒有能力將這些「線和數位」解釋為他們所能想像的東西,他們需要觸摸和感受一個物體,以確定它是否"將工作"。大小是物理原型(比在繪圖上)更容易傳達的一個方面。當然,任何具有人工"交互"的設計功能都需要由設計團隊實際挑選和使用,以瞭解設計功能實現設計目標的能力。只需模擬客戶手觸摸的任何內容,即可看到"心手互動"如何發揮作用。整個學科,人體工程學,致力於確定這些最佳決策。例如,如果要在產品上出現一扇門,則會出現一些 **common** 問題(原型將說明回答問題):

- 什麼機制會打開門(並關閉它)?
- 門損壞後如何修理(使用不正常)?
- 門是左右打開還是上下打開?
- 門需要密封程度(一旦關閉)?
- 開門(並關閉)需要多少力?
- 門需要保持打開狀態嗎?
- 門需要鎖上嗎?
- 門滑、鉸鏈、捲筒還是移動打開?
- 什麼(在門上)用於打開和關閉門?

速度是生產原型的關鍵因素。原型旨在提供有關設計本身的「快速資訊」,因此,找出是追求設計方向,還是改變方向,對過程至關重要。此外,必須確定原型對設計意圖的描繪程度。原型是如此的"粗糙",它允許設計方向繼續,只是因為它沒有準確地模仿最終設計不夠,不會幫助整體 **process**。在確定原型流程的「準確性」與及時性時必須取得平衡。一旦確定"速度"是關鍵 **key** 因素,



成本必須是次要的。也就是說,成本高昂的原型生產,可以節省整體產品交付參數(時間和符合規格)是一個堅實的投資。

內部原型設計功能與分包原型設計始終是一個需要回答的問題(由專案管理團隊回答)。一些公司具有內部原型設計,因為這樣做的好處是:

- 更好地控制原型的調度(針對相互競爭的需求)(應能更快地生成原型)。
- 原型製作過程中的利潤是內部的。

由於:

- 最新的流程更可用(通常)在房子外。這是因為原型設計流程變化迅速,以及這些原型製作過程所需的設備資本成本。
- 原型設備無需維護或說明。

決策(內部或合同原型設計)必須隨著時間的推移進行分析。例如,在 2000 年之前,內部(塑膠零件)的 3D 列印成本一般被禁止,因為上限成本、機器尺寸、所需培訓和技術變革的速度都太高了。但是,到 2005 年,在辦公室有一台 3D 印表機就變得相當普遍。

鈹金或金屬零件原型化也可以通過各種 3D 列印方法完成,但目前,它繼續處於"快速轉向"原型設計設施領域(採用標準金屬製造方法的鑽孔/加工/沖孔)。

原型設計過程的另一個考慮因素是原型是否在以下任一方面製造:

- A. 生產零件的同一供應商
- B. 獨立於未來生產零件位置選擇的供應商

利用「同一供應商」的一個優點是,一些問題是由原型零件解決的,這些部件將"平滑"生產部件的流動。但是,有時使用獨立於零件上的未來產品產品的供應商獲得的速度會更快地獲得原型部件。同樣,沒有一個答案適合所有獨特的情況。

## 附錄

本附錄提供給 EPE 設計人員,讓他們瞭解一些常見的鈹金沖孔和成型方法。此外,還有關於尺寸鈹金設計的"最佳實踐"的資訊。EPE 設計人員將設計由鈹金製成的許多部件,因為鈹金可提供外殼許多單獨部件所需的強度。使用的 Common 金屬包括鋁和不鏽鋼。

此處顯示的大部分材料通常顯示在公司設計指南中,EPE 設計人員希望找到有用的資訊。與往常一樣,設計人員還應諮詢鈹金製造商,瞭解此資訊是否符合其製造過程。

## 圖紙上鈹金的尺寸標註

應放置尺寸,以防止必須添加或減去材料厚度和公差,並且應根據零件的功能提供 d。如圖所示。4.5 用於底座和底蓋。請注意,通常情況下,所有尺寸都應

應用於零件的外部。當必須使用內部尺寸來確保配合零件的擬合時,可以將「內部」一詞添加到維度中,以強調零件的尺寸與另一個零件「配合」(因此至關重要)。最重要的方面是,尺寸在最關鍵的專案上,也就是說,封面確實適合在基上。

## 標注折彎

鉸金零件折彎的尺寸標註應從切線或延伸點應用,而不是應用於半徑中心,如圖 4.6 所示。切線點或擴展點更好,因為這些點可以測量,這是

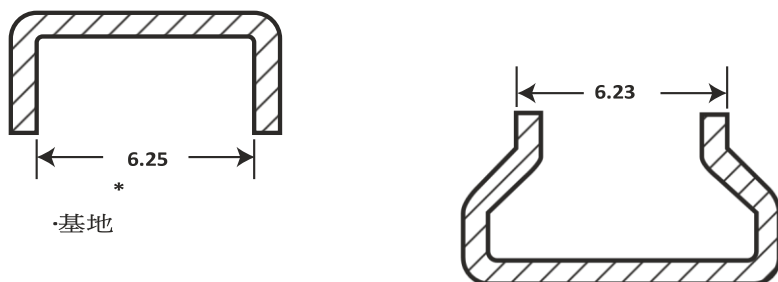


圖 4.5 特徵控制

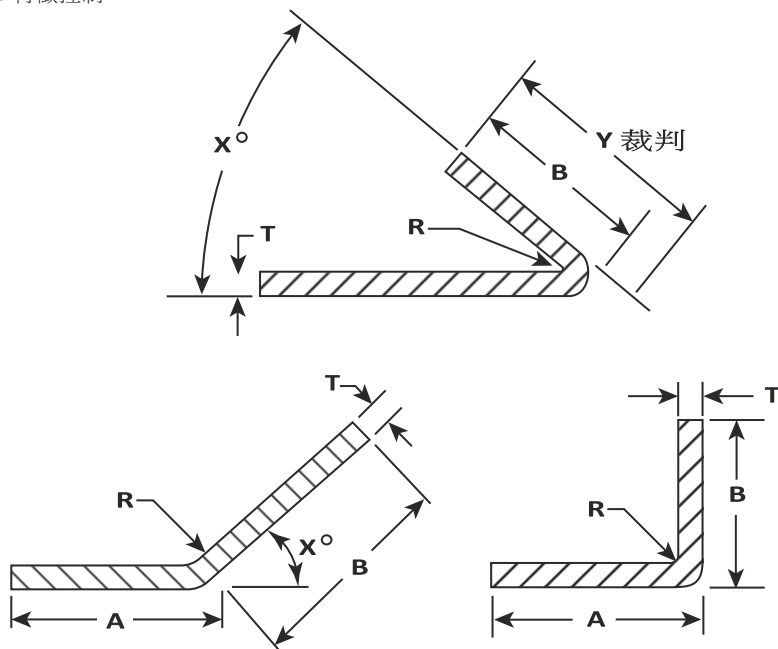


圖 4.6 尺寸折彎

重要目標。每當維度被賦予無法測量(容易)的點時,都可能導致歧義。需要提出的另一點是,通常,半徑的中心不是設計中實際需要位於的,但零件邊緣則更關鍵。一個更簡單的「拇指規則」可能是,如果不需要半徑的中心來構造零件,則可能不需要半徑中心維度。

另請注意,圖 4.6 中,acute 和傾斜角度中的尺寸"B"可以替換為從底座到角度上高的尺寸(因為直角是標註尺寸的)。這個尺寸將更加寶貴,因為它很容易到達(檢查)與高度蓋。

### 最小法蘭高度

為了為折彎的正確形成提供足夠的材料,最小法蘭高度應如圖 4.7 所示。如果設計在圖中標註的尺寸小於最小  $2.5T + R$ 。4.7,衝擊必須添加彎曲 g,然後切斷,需要額外的操作,以額外的成本。

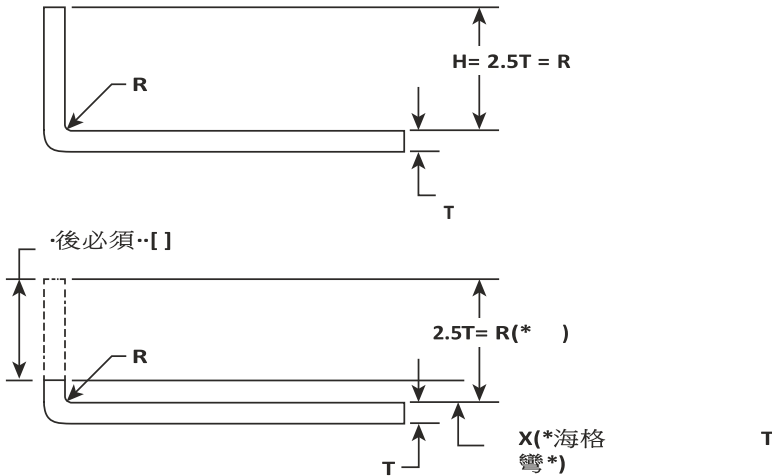


圖 4.7 最小法蘭高度

### 折彎之間的最小距離

具有"Z"折彎與圖 4.8 所示的零件的彎曲之間的最小距離應不低於顯示的值。此外,在「U」形件的折彎之間還有最小縱橫比。如圖所示,成型工具不能足夠小,以避免在已創建的折彎處干擾金屬。最好想像(在繪圖上有草圖)成形工具本身位於相對較高的深度-寬度比零件上,以查看成形工具在尺寸上是否實用。

## 與折彎相鄰的孔的位置

為了防止在彎曲前穿孔或沖孔的扭曲,孔邊緣和折彎邊緣的最小距離應如圖所示。**4.9**這種變形的形式是橢圓形孔,材料厚度增加,在大多數設計工作中都是不可接受的。請注意,計算" $X$ "尺寸,以便" $Y$ "不小於  $1.5T = R$ 。

對於與折彎平行的插槽,如圖所示,應適用以下最小距離:

當  $L$  = 高達 1 英吋時, 「 $A$ 」 =  $2T = R$   
 當  $L$  = 1 到 2 英吋時, 「 $A$ 」 =  $2.5T = R$   
 當  $L$  = 2 英吋或更大時, 「 $A$ 」 =  $3T = R$

材料厚度                      長度" $A$ "

.000 - .040	.188
.041 - .080	.500
.081 - .125	1.250

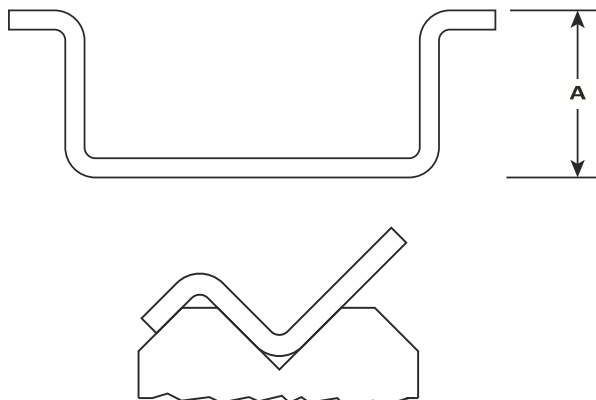


圖 4.8 折彎之間的最小距離

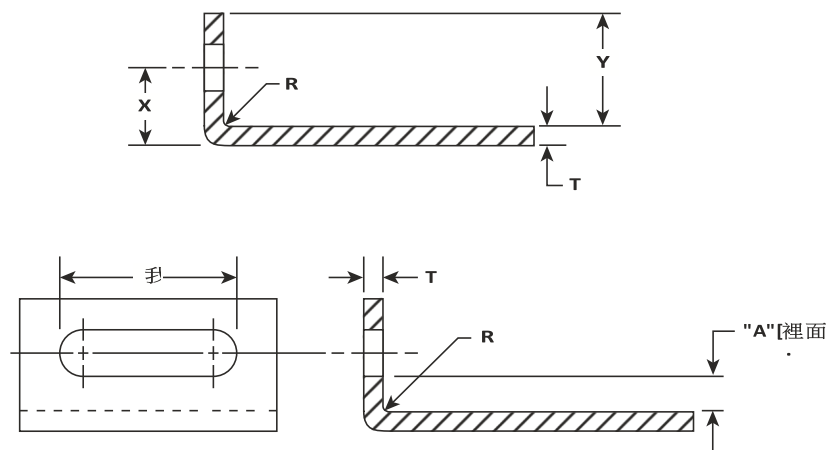


圖 4.9 與折彎相鄰的孔的位置

## 孔的位置,以防止失真

為了防止零件邊緣或孔之間的材料變形,沖孔的最小距離計算必須考慮:

- 所用材料、厚度和物理特性
- 光圈和大小
- 孔應用

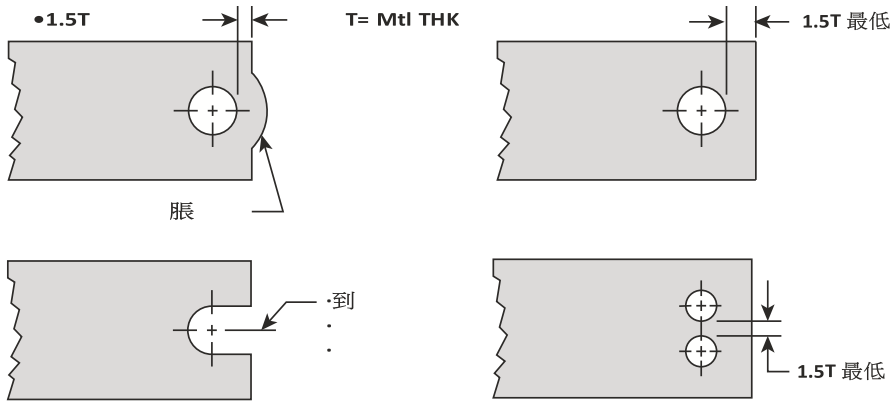


圖 4.10 孔的位置,以防止變形

標稱最小距離如圖 4.10 所示。上面列出的變數應用於確定特殊要求。例如,可以通過分槽避免邊緣失真,如圖所示。

## 沖孔

如果孔的直徑大於材料的厚度,圓孔可以在鈹金零件中經濟地沖孔。如果孔直徑小於材料厚度或小於 0.032 英寸,則必須鑽孔。

普通沖孔公差為  $+\pm 0.010$  英寸,從邊緣到孔之間  $+\pm 0.005$ 。對於數控 (NC) 機器(如由 Strippett 和 Amada 製造的機器)而言,這些機器將被視為正常。關於公差的第 4.8 節中關於此部分的更多。

圖 4.11 精算兩種用於尺寸孔的方法。每個方向只能使用一個基準。使用零件左下角或左上角進行基準,除非有充分的理由明智。

對於「切割」角(平板、板等),使用  $t$  角作為基準參考。對於摺疊角,第一個孔應為基準參考(公差  $+\pm 0.03$  首選)。

典型的沖孔槽尺寸圖也如圖 4.11 所示。繪圖將指定所需的基本大小、細節尺寸和節制。在這種情況下,在繪圖標題塊中輸入了  $+\pm 0.010$  容差。

大多數鈹金供應商都存在標準沖孔。他們應該能夠為您提供他們擁有的標準衝孔清單,以便您可以避免"自定義大小"的沖孔。

沖孔包括圓形、方形、矩形和長方形沖孔尺寸的變體,用於鋁和低碳鋼板。內角半徑和外角半徑沖孔也可用於最常見的半徑。某些供應商也可能備有特殊沖孔,如標準孔切孔。標準大小和標準托勒-

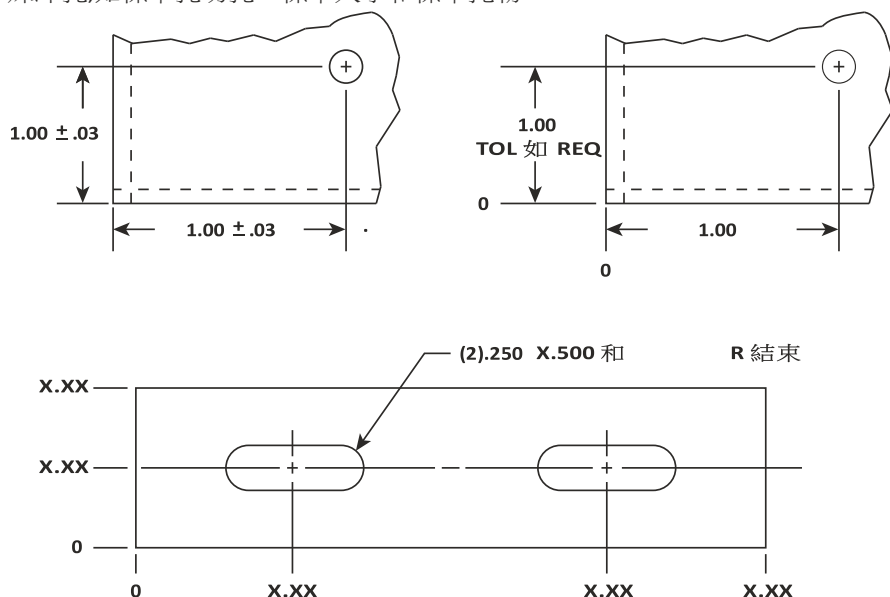


圖 4.11 沖孔

應盡可能使用等能,但在某些情況下,特殊工具可能是合理的。事實上,即使完全模具,空白整個零件是合理的,如果零件的數量足夠高。

## 彎曲救濟

圖 4.12 所示的三種設計對品質或經濟性不可取。在這些示例中,製表器底部的金屬會撕裂形成導致應力上升器,從而導致零件的最終失效。

還顯示添加切口(可在折彎處提供浮雕)。這些示例表示良好的設計,可釋放彎道,防止撕裂和在應力下減少疲勞。浮雕,可以有一個半徑(如圖所示)或可以"平方",基本上是足夠深,以在半徑的切線點。

浮雕大致為材料厚度寬,但由於沖孔寬度的限制,通常不會比 0.03 英寸窄。一般來說,這種救濟不會在繪圖上標註;相反,它將被稱為"使用最小彎曲救濟"與一般繪圖註釋。

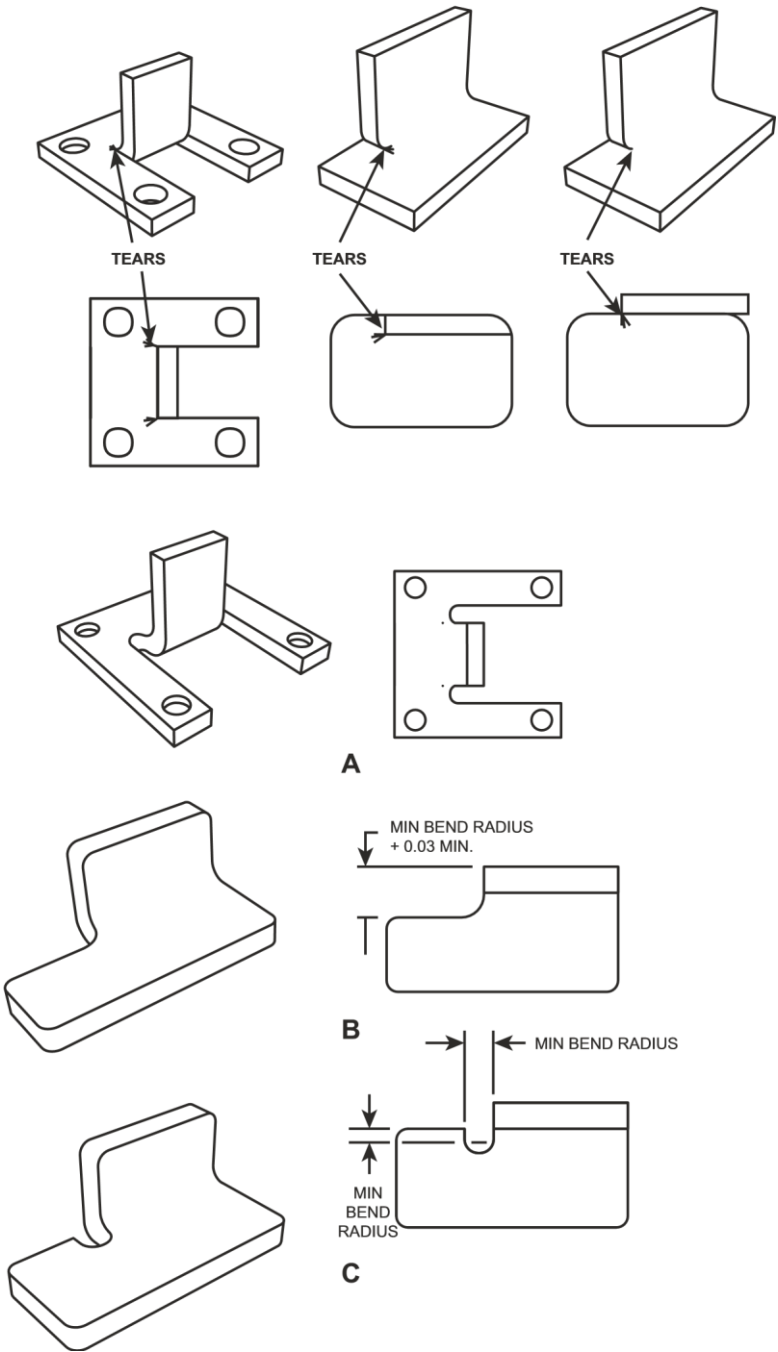


圖 4.12 彎曲浮雕



## 角結構

在涉及相鄰法蘭的所有成型部件上,應納入浮雕切口或凹槽,以防止金屬在成型操作過程中撕裂或起皺。圖中所示的示例說明了必須做出的最小限額。

**4.13.** 同樣,請注意折彎線與平面的半徑交點。

關於角落結構,應作一個重要說明。在某些情況下,在設計中可能需要額外的強度,該設計要求在  $t$  角擴展兩個連接法蘭,如圖中示例"C"的閉角結構所示。

**4.13.** 此角將焊接(內部或外部),將兩個垂直法蘭相互連接,並大大增加成員的強度。

## 珠子和古塞特

為了避免額外零件或較厚的金屬與額外重量的成本,建議形成珠子(肋骨)和鼓點。這種做法的例子包括大面積的側板、支撐重載所需的小支架、機箱和機櫃。

圖 4.14 顯示了各種類型。"A"顯示開放式中心珠,可用於加固大型面板。"B"顯示一個直閉端珠。這種類型的珠用於需要更大的剛度和模具結構的附加成本。珠子交點處的半徑應為珠子總寬度最小兩倍。"C"表示法蘭用於硬化目的。然而,這種方法經常產生「油罐」,可以通過抑制一個區域來消除,如圖所示。

珠角設計也如圖 4.14 所示。"A"珠子中顯示的尖角可能會撕裂周圍的金屬。"B"處顯示的珠角是一個更好的設計,只要珠子與利拉半徑相交。在"C"顯示的非相交珠通常與"B"所示的珠子一樣堅固,而且生產成本更低。

金屬的拉伸可能會導致珠尾部分起皺。為避免金屬邊緣的變形,圖的"X"分。**4.14** 應為  $40T$  最小值,距離"Y"應為  $25T$  最小值(其中  $T$  為材料厚度)。如果邊緣呈法蘭,則"X"和"Y"距離可能分別減小到  $30\sim 35T$  和  $15T$ 。

當珠子和法蘭組合時,兩者應投影到零件的同一側,以便進行最經濟的模具設計,如圖所示。

## 最小折彎半徑

建議各種材料和回火器的最小彎曲半徑,這些物料和回火可以與材料的顆粒平行形成,無需  $c$  機架。低於建議的折彎半徑,以進行最小折彎,除非

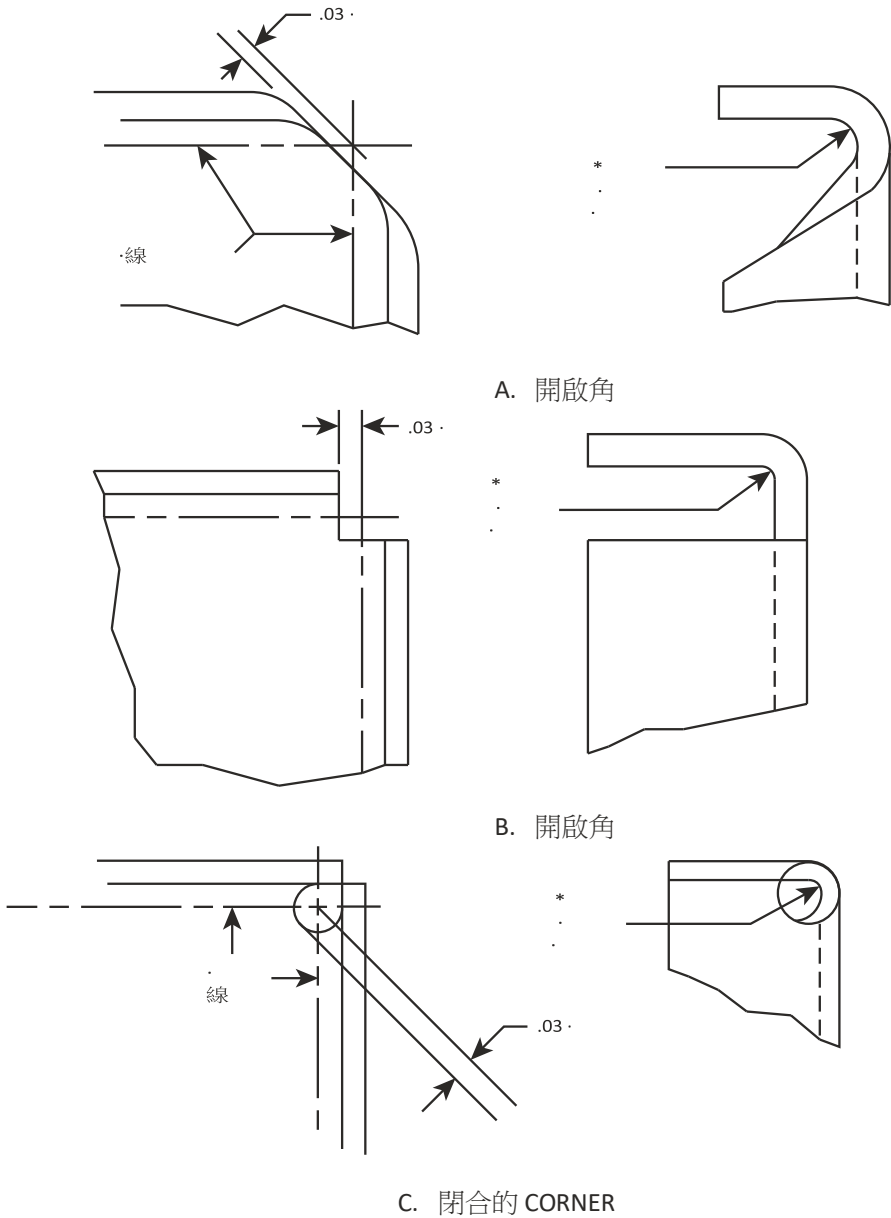
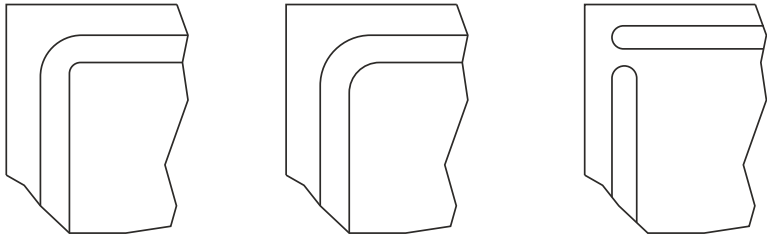


圖 4.13 角結構



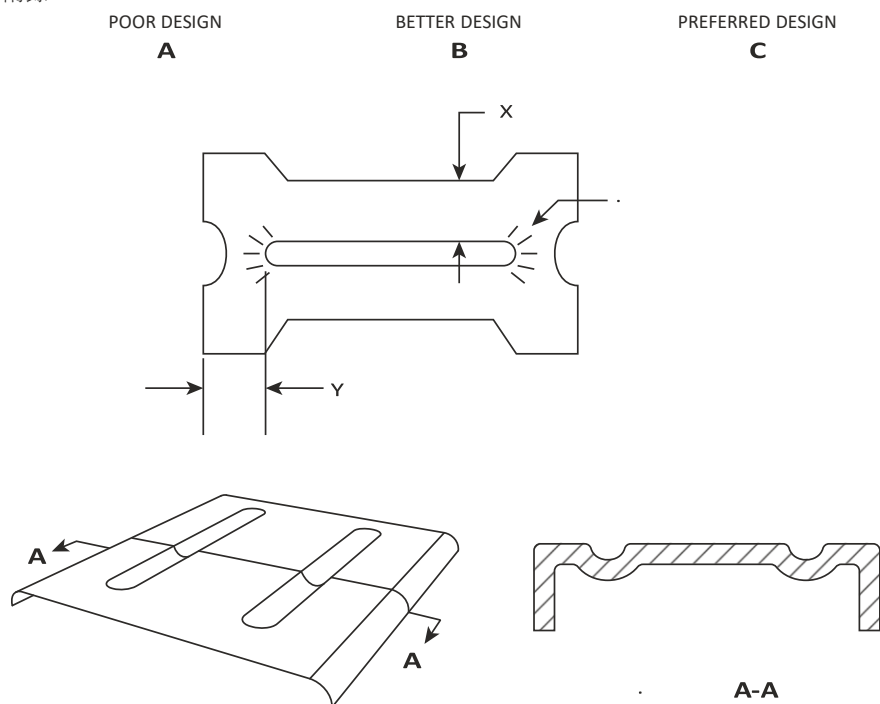


圖 4.14 珠設計

絕對必要。這些最小折彎半徑可以從各種參考值中達到,並且可能看起來像:

對於合金 7075 鋁的 90° 冷彎,溫度 #T6,

Thickness 0.016	Min. Radius = 0.03–0.06
Thickness 0.032	Min. Radius = 0.09–0.16
Thickness 0.062	Min. Radius = 0.25–0.37

通常,繪圖的一般註釋區域中的註釋會說明:「使用最小折彎半徑(除非另有指定)」,這意味著鈹金供應商

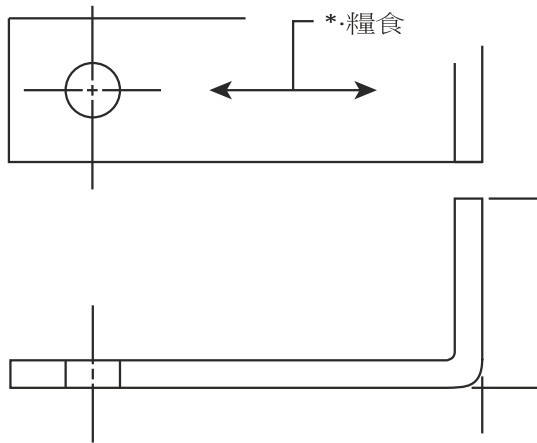


圖 4.15 顆粒方向

使用最低建議的折彎半徑。否則,在繪圖上作為首選調用半徑。需要注意的是,折彎應像實際一樣大方以增加標準 **t** 的整體實力,但通常按材料厚度的順序排列。

顆粒方向

除非需要小於建議的最小值的折彎半徑,否則不應在圖形上指定材質的顆粒方向。在這種情況下,在顆粒上指定彎曲 **should**。如圖所示。4.15 表示彎曲方向為 90° 到材料顆粒的方向。可在硬質或彈簧回火片中指定最小彎曲半徑,或顯示方向 **f** 或裝飾(例如,絲網)零件。

脾氣

首先應考慮較硬的脾氣,因為它們通常允許使用更薄、更強壯、更輕的材料。但是,更硬的材料需要更大的彎曲半徑。

推薦的插槽寬度

以下所有插槽寬度均被視為標準:

螺釘尺寸	插槽寬度
#2	0.093
#4	0.125
#6	0.156
#8	0.171

#10	0.218
¼	0.281

折疊

褶皺用於可以彎曲回自己的材料,如圖 4.16 所示。為了防止開裂,特別是在扁平類型上,褶皺通常放置在材料的顆粒上(參見"顆粒方向"部分)。因此,通常指定的穀物直接。

捲曲

捲曲可用於鈹金零件的邊緣,其剛度要求大於普通摺疊所能滿足的。這些邊緣捲髮的大小應符合圖 4.17。

捲曲

大板材的邊緣可能被壓接,以獲得額外的剛度,並防止「油罐」。圖 4.18 顯示了典型的壓接。

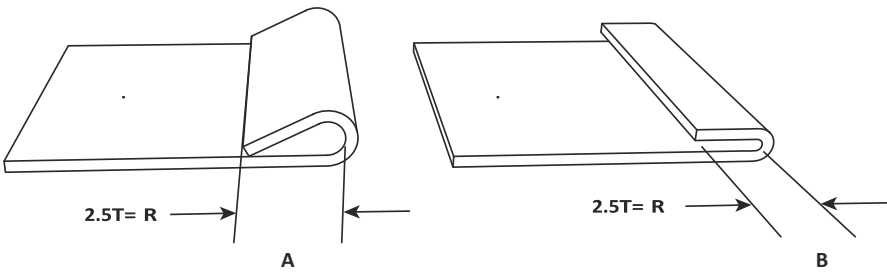
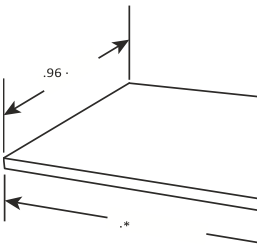


圖 4.16 折疊



最小捲曲直徑	
厚度	最小識別碼
.001 到 .032 .033 到 .040 .041 到 .063	.12 .19 .25

圖 4.17 卷曲

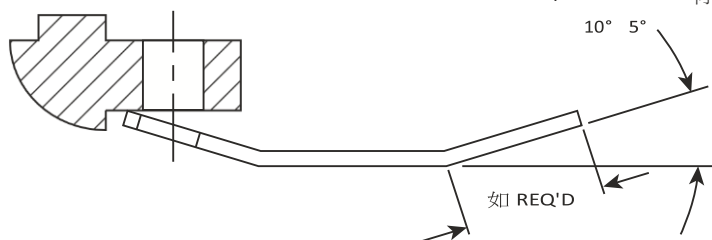


圖 4.18 壓接

## 喬格斯

Joggles 用於提供用於打接頭等的鋁金零件的步長。網頁或角圈的寬度,尺寸 "L", 應至少 3 倍尺寸 "D", 偏移深度。對於脆性材料,如熱處理的鋁合金,建議至少調節偏移深度為 6 倍。如果設計要求偏移深度超過材料厚度,則應使用 45° 焦波。參見圖。4.19.

## 凹陷

最常見的凹陷應用是用於反沉頭螺釘或鉚釘,參見圖 4.20。軟材料很容易被凹陷。鋁合金,如 2024,7075,和不鏽鋼的較硬的脾氣可能會邊緣裂紋,除非它們是 "熱熔化"。給出了用於凹陷的維度數據。

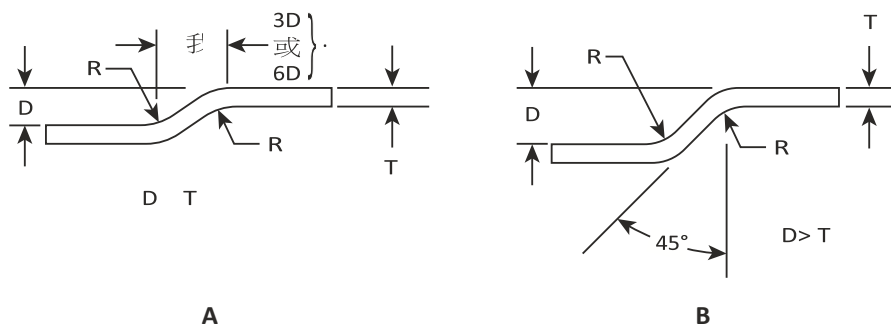


圖 4.19 喬格斯

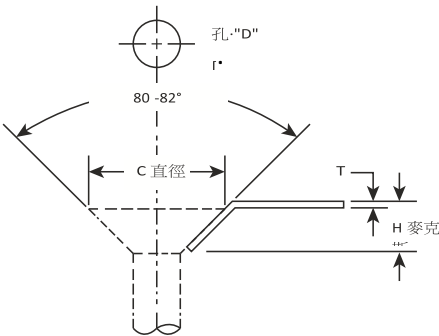


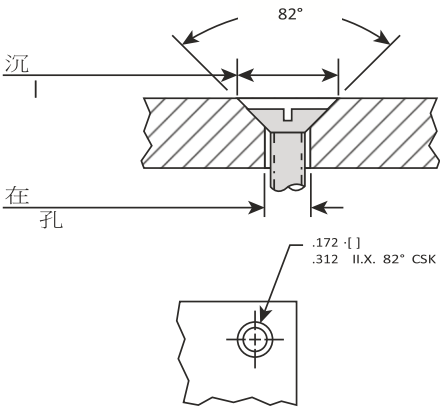
表 1 - 預點大小

鑽孔前孔尺寸 (D)												C DIA ¥.010 -.000	H 麥克斯
THK (T)	.016	.020	.025	.032	.040	.050	.063	.080	.090	.100	.125		
2 - 56	.047	.055	.060	.063	.067								
4 - 40			.060 .070	.063	.067								
6 - 32				.076 .089	.078								
8 - 32					.096		.073						
10 - 32					.096	.070	.086	.094					
1/4 - 20						.082	.110	.113	.125				
						.102	.110	.113	.125	.140		.392	.195
						.102 .125	.144	.156	.166	.173	.185	.516	.250

圖 4.20 凹陷

反下沉

如果  
則可  
螺  
瞭  
(100°  
尺



較厚的材料排除沖孔或凹陷，  
採用鑽孔和反沖來容納平熱  
釘。參見圖 4.21。下圖說明  
82° 包含的角度平頭螺釘  
也是常用的平頭型)的反沉  
寸。請注意「範例

範例撥出  
在繪製 # 6 螺釘時



大小 的 螺 桿	麥克斯 頭 直徑	麥克斯 尚克迪 亞	正常		精度		所有
			反沉直徑 公差 = .010	最小 材料 條件	反沉直徑 公差 = .005	最小 材料 條件	間隙 孔 € .005
#2	.172	.086	.202	.085	.192	.075	.106
#4	.225	.112	.270	.102	.260	.092	.141
#6	.279	.138	.322	.118	.312	.108	.172
#8	.03m2	.164	.375	.147	.365	.137	.188
#10	.385	.190	.426	.162	.416	.152	.219
1/4	.507	.250	.545	.188	.535	.178	.281

圖 4.21 反下沉

為#6 平頭螺釘("精密"設計)提供呼出"標註提供(間隙)孔直徑和反沉直徑而不是實際刀柄直徑和螺釘頭直徑)。另請注意,材料的厚度通常位於螺釘頭的深度以東。

彎曲變形

圖 4.22 說明瞭成形操作時發生的失真情況。當重材料彎曲時,在彎曲半徑內更銳利時,這是一種特別明顯的變形。與材料厚度相比,材料厚度小於 1/16 英寸或內成半徑較大「難以察覺」。

折彎內側的材料在壓縮下,從而導致邊緣出現這種凸起條件。此外,折彎外側的邊緣低於 tensi,並傾向於拉入。此凸起或扭曲條件通常沒有

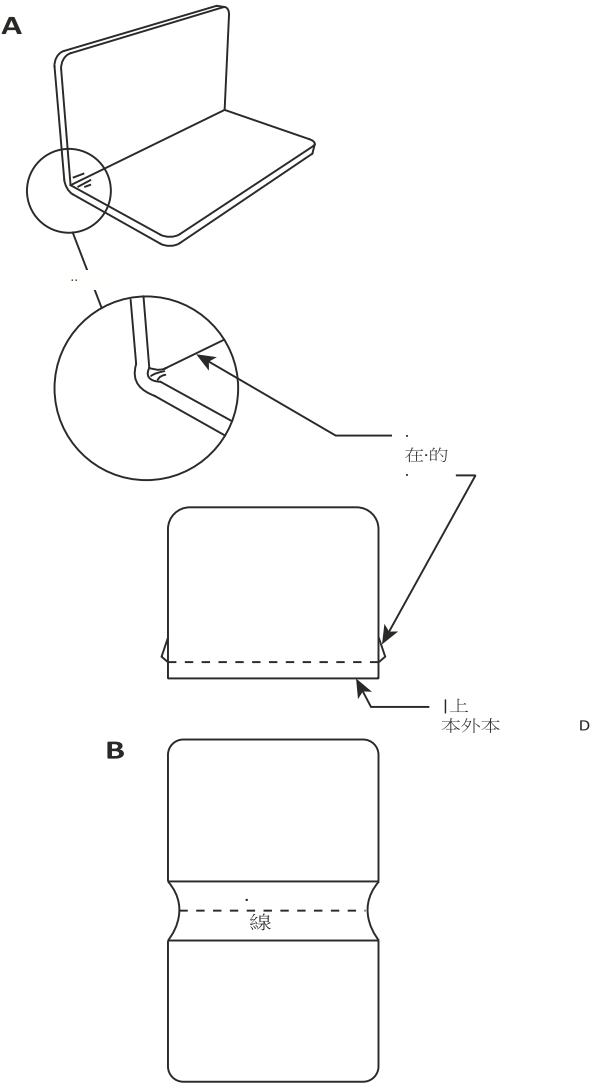


圖 4.22 彎曲變形

關注,並被接受為標準做法。但是,如果此凸起會導致對配合零件的任何干擾,則應在零件圖紙上提及這一點,以便可以考慮進行輔助操作以消除此干擾。這種額外的操作性 ion 可能不需要工具,但它會增加生產成本。

圖中還顯示了一個空白,用於防止凸起引起的干擾(無需額外的生產成本)。

## 參考

## 參考

1. 材料的等效剛度或剛度。柏格-華納化學公司設計技巧(1980 年)。(柏格-華納塑料事業部出售給通用電氣,隨後出售給薩比奇)
2. 瑞爾森數據手冊。約瑟夫·瑞爾森·兒子公司
3. 瑞爾森產品在庫存和加工服務。約瑟夫·瑞爾森·兒子公司
4. 工具和製造工程師手冊,第 3 卷材料,精加工和塗層,中小企業,編輯 C. Wick, R. 維勒
5. 散熱器機械設計指南, D. 伯恩斯, 熱力公司
6. 經濟注塑塑膠零件設計, G.L. Beall, 為柏格-華納化學品準備
7. 注射成型- 理論與實踐, I. 魯賓, SPE
8. 西科拉茨 ABS 產品設計手冊, 柏格-華納公司
9. 工業繪畫原則與實踐, N. Roobol。
10. 鑄造方法比較掛圖, 特殊金屬供應公司。
11. 壓鑄產品設計, 壓鑄開發委員會 12. 鋅設計, 國際鉛鋅研究組織
13. 北美壓鑄協會 NADCA 產品特約  $n$  壓鑄標準
14. 機械手冊。工業出版社
15. 尺寸和容忍, ASME Y14.5(或 ANSI Y14.5)
16. 幾何容忍, 文字/工作簿, R. 馬雷利 & P. McCuiston
17. 幾何尺寸和寬容, 基本基礎, D. 馬德森