

## 4.8 尺寸與公差

### 4.8.1 選擇“公稱尺寸”

這部分可是本書較為不尋常的，但我相信對設計出色的零件是很棒的旅程。我想從一些基礎知識開始，關於我們為什麼要選擇這樣的“數字”，以及數字的選擇如何導致設計。設計人員如何確定零件之最終尺寸會導致產品數年無故障且滿足客戶。如果做得不正確，零件將處於“不適合”和“超出容忍度”的相當恆定狀態中，並組裝線將停止。從某種意義上說，本書的這一部分是第六章的前身，組裝和可維修性，因為適當尺寸和公差的零件將導致可以非常順利的製造這些零件。

關於英制單位和公制單位的一些評論（請參見單獨的討論）。我什至要開始討論我如何真正開始設計“零件”（實際上是工裝夾具和夾具執行零件的機加工或焊接）。早在 CNC 零件，計算機和 CAD 成為“標準工具箱”的一部分之前。我們實際上在設計零件時會考慮分數。也就是說，我們嘗試使用零件的通用標記來設計零件“標尺”（或更正確地說，是標尺）。刻度尺（通常）分為每 1/32 英寸，即每 0.03125 英寸有一個標記。那會也應註明 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）的間距。因此，我們的設計可以“對於”數字，例如：3.00, 3.50, 3.625 (3.62), 3.6875 (3.68), 3.71875 (3.72) *(p.80)*

請注意，這些數字在增加的意義上變得更加“不平衡”一些較小的分數（1/2、1/8、1/16 和 1/32）。另請注意數字到偶數。為什麼選擇偶數？好吧，如果整個部分是選擇為 3.68 英寸，如果要在零件的一半位置放置一個孔，則該孔將放置在 1.84 英寸處。如果將整個零件選擇為 3.69 英寸，則該孔跨過一半將是 1.845 英寸，但是這個 3 位尺寸“暗示”了一個超出實際要求的“更嚴格”的公差（在本節的後面部分中有更多介紹）。

另請注意，帶有分數標記的比例尺實際上具有比例尺（在另一邊）以 0.020 英寸的增量進行刻度。因此，本來可以設計時以“十分之一”為增量，例如 3.120 英寸，但同樣，分數是更司空見慣。

這引起了關於名義或“均等性”的討論。設計師更容易選擇偶數，並由此選擇：3.00, 3.10, 3.25, 3.26, 3.27

我想說的是，設計師會按照上面的順序（從上到下）選擇它們，而不必考慮尺寸，而只是根據數字。我相信可以選擇 3.25 代替 3.26，因為 3.25 是 3 1/4。3.26 確實具有一個優勢，因為它是偶數（很容易一分为二）。3.27 “受苦”之處在於它並不常見小數和奇數。上面的討論假定一個數字要在小數點後兩位。

### 4.8.2 美國工程單位與國際單位制

我對尺寸/公差的評論在兩種單位制中都非常有用（英寸或毫米）。在美國，我們可能會開始設計思維，3000 英寸是標稱尺寸或“起點。在歐洲，“相同”的起點可能是 75 毫米（等於 2.953 英寸）。如果設計在美國以 3000 英寸開始，那麼如果要在歐洲製造產品，則將這些圖紙精確地轉換為  $3 \times 25.4 = 76.2$  毫米。我試圖在“轉換係數”（英寸到毫米）和“設計師出身的思維方式”之間進行區分。因此，如果我是在美國（接受過美國教育）的設計師，當時正在為一家歐洲公司設計零件，我可能會創建一個以“偶數”毫米的標稱尺寸開始的設計，因此我將從該尺寸的 75 毫米開始（而不是選擇 3.000 英寸）。我在一般數字範圍內的選擇包括：70 毫米, 75 毫米, 80 毫米

## 4.8.2 數控機床前後的世界工具類

在將計算機添加到計算機之前，使用機床，機械師會用手在錶盤上“撥號”讀數，然後“進行切割”。例如，在車床上，如果將直徑為 2.000 英寸的桿（標稱值為 2.000，公差為 $\pm 0.002$  英寸）作為“最終”直徑，則將在桿上進行初始切割；對零件進行的物理測量可能是例如直徑 2.015 英寸（總是要進行初步切割，以使零件稍大一些，在某種意義上說是“偷偷摸摸”想要的尺寸）。然後將車床上的刀具在零件直徑上“置零”，然後將刻度盤移至 0.0075。在零件上切深 0.0075 英寸，理論上將使該零件減小至 2.000 英寸。如果要對該零件進行其他測量，則可能會測量到接近 2.000 英寸的直徑。當然，要考慮添加滾花，電鍍或油漆的複雜性是另一個要考慮的因素，但是現在讓我們保持簡單，不要考慮其他精加工操作。從車床中取出零件後，將對其進行檢查。如果零件在 1.998 英寸和 2.002 英寸之間，則將其“通過”為正確且符合規格的零件。進行調零，撥號，切割和檢查的通用程序為零件的生產製定了“行業可接受”的標準（在 $\pm 0.002$  英寸的公差內）以生產方式。也就是說，機器，機械師和檢查過程以“合理的方式”提供了零件。如果公差變得更小，例如 $\pm 0.001$  英寸，則由於機器，機械師或檢查過程更加困難，零件將更昂貴，導致生產可接受零件的時間變慢。同樣，要求公差更寬鬆的零件（例如 $\pm 0.003$  英寸）並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，隨著廢品率的下降，機加工車間將享有更寬鬆的公差，但這些精明的做法可能不會傳遞給客戶。再次，我在這裡提出一個論點，即指定與您的供應商合作的容忍度，以在零件需要什麼以及可以合理地（或通常）生產什麼。

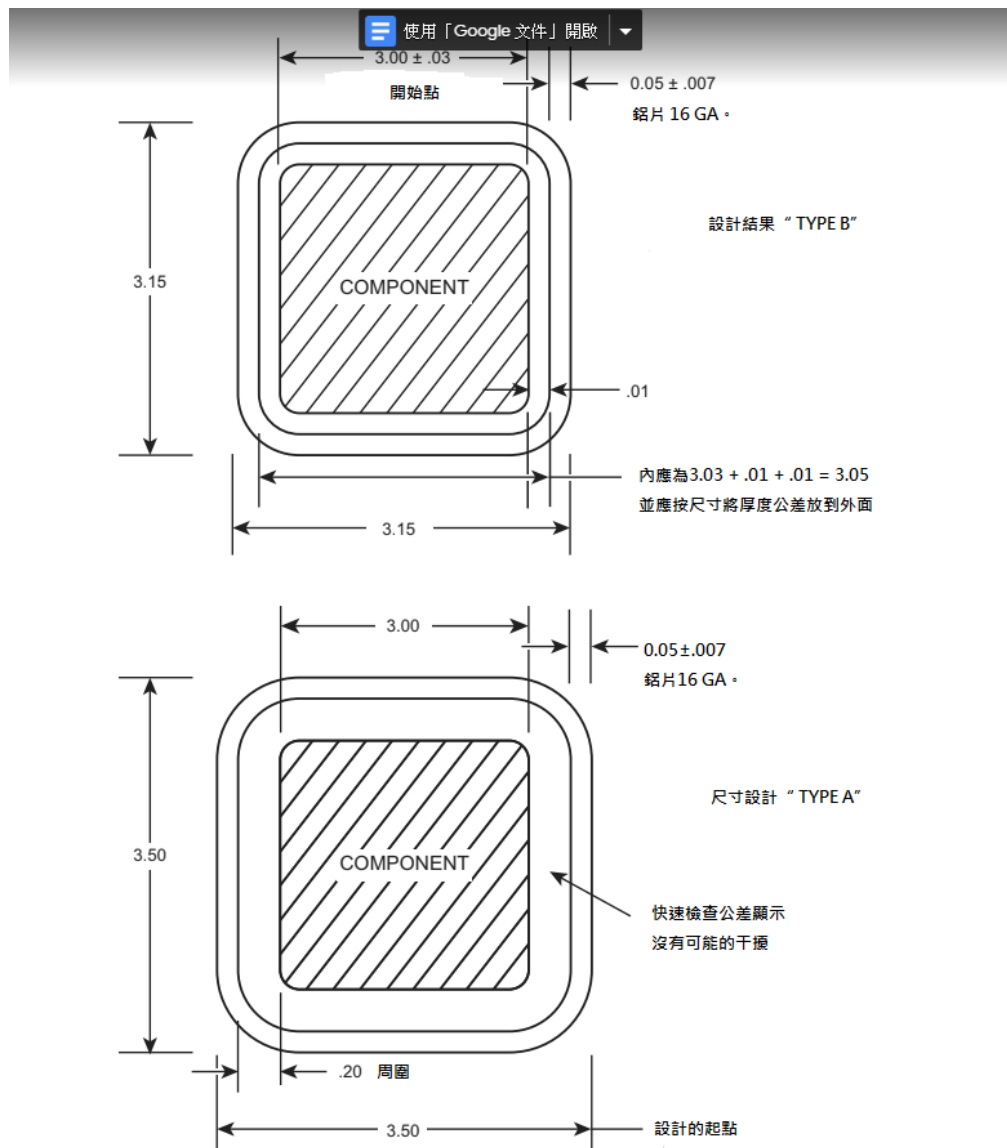
請注意，在正常條件下，車削加工操作（請參閱《機械手冊》[14]）在 7-13 級範圍內可完成加工。對於 2.000 英寸的直徑， $\pm 0.002$  英寸的公差是合理的（但是很困難）。從參考 [9]，“正常一致精度”將為 $\pm 0.005$  英寸。現在，借助 CNC 控制的機床，零件成本得以降低。這是由於以下幾個原因：

1. 減少生產零件的總時間。一旦對機器進行了編程，機器將根據該程序進行移動，從而基本上消除了“機械師”。因此，不需要“撥號移動”。（當然，從廣義上講，仍然需要機械師“監督”操作。）
2. 由於機器消除了“操作員錯誤”，因此需要的檢查較少。當然，仍然需要進行檢查。
3. “機床”可以以機床控制的方式更換刀具，速度/進給，加工軸以及幾乎任何加工操作。這比人工操作要快。
4. 零件設計的微小更改非常容易實現 – 對程序進行快速修訂，並快速生產新的修訂零件。即使進行了廣泛的更改，也僅意味著相對簡單的程序更新。
5. 可以將加工“因素”內置到程序中，以適應可能發生的任何加工情況。例如，如果打孔導致孔的 x-y 坐標超出公差範圍，則可以“調整”程序以使該孔位置達到公差範圍。

通過 CNC 控制的機床（“帶材”）對金屬進行沖孔，可以使工作台沿 XY 方向移動並通過頭部旋轉來更換刀具。與上一代機床相比，這可以減少設置時間，消除夾具並節省大量時間，因為 CNC 控制機床的輸入是計算機程序，因此零件僅是數字數據的結果。轉移到那些加工程序。這允許將“設計意圖”極其快速（且“無錯誤”）轉移到“成品”。

## 4.8.4 總體尺寸和設計

為了繼續進行尺寸標註及其與設計的一般性主題，通常將“約束”作為設計的開始。以下是一些示例：示例的一般假設為：設計中需要最小尺寸和重量，成本（Chpt4）。一個物體與另一個物體之間的最小間隙為 0.010 英寸。這顯然在實際設計中會有所不同，並取決於要使用外殼的對象和環境。外殼的標稱厚度為 0.050（將討論“厚度公差”厚度），但目前厚度僅為 0.050。最新的設計可能需要從定制鋁金規到“固定”解決方案的所有內容，其中包括“合格/不合格”的解決方案，這些解決方案實質上允許零件的公差為零（或很小）。這些示例將不考慮這些類型的情況，而是考慮更“正常”的設計情況。同樣，在無限制的時間和金錢的情況下，這些示例幾乎可以採取任何例外措施。設計通常以以下兩種類型中的一種進行：參見圖 4.2。“按大小確定”的設計：外殼必須小於 3.5 英寸。這是因為先前的產品為 4.0 英寸（否則競爭產品的價格為 3.6 英寸）。在這種情況下，我們從 3.5 英寸的整體外殼尺寸開始。如果將一個長度為 3.0 英寸的單個組件放入我們的外殼，我們立即知道壁內和該組件之間的“標稱”距離為：3.5 減去 3.0 減去（0.050 的 2 倍）除以 2。這等於 0.2 英寸。我們已經“接受”了 3.5 英寸的外部尺寸，並且正在“接受”牆壁和組件之間間隙為 0.2 英寸。



“給定的結果”設計：將 3.0 英寸長的單個組件放入外殼中。這將外殼的（最小）尺寸設置為 3.0 +每側間隙（現在估計為 0.010）+外殼兩壁的厚度（僅沿“x”方向）；因此外殼的總尺寸為： $3.0 + 0.010 + 0.010 + 0.050 = 3.120$  英寸

但是，我們尚未說明“3.0 英寸組件”的公差。假設該組件的最大尺寸實際上是 3.03 英寸。這使外殼外部的最小尺寸為  $3.12 + 0.03 = 3.15$  英寸，讓我們仔細觀察一下間隙數和厚度數，並研究這些數字的實際公差是多少，實際上會有公差在外殼的厚度上。我們來研究一下各種材料：鈹金厚度：鈹金通常可在標準厚度規中使用，該厚度規具有標準公差。16 格鋁板，“名義上”為 0.050 英寸厚，其厚度公差為（ $\pm 0.005$ ）英寸（5050 明礬，每[10]頁寬 100 英寸）。根據我的經驗，厚度將“總是”進入公差的“較薄的一面”（但可能會進入“較厚的一面”）。一般對板進行去毛刺（在沖孔之前）將使厚度減少 0.001-0.002 英寸，而某些電鍍將使厚度增加 0.001-0.002 英寸。除非真正保證將特定的厚度公差納入考慮範圍，否則設計人員應計劃標稱厚度（對於大多數設計）側身。請注意，應在最大和最小條件下檢查間隙，以確保在裝配和客戶使用時均能正確配合。因此，設計通常按照“確定尺寸”或“給定結果”類型進行設計。進行規模確定的設計可能會節省一些時間，但是，Givens 設計的結果通常是一種更好的方法，可以幫助您節省時間。

最小尺寸的設計。

## 4.8.5 寬容理論：需要

由於零件無法完美生產，因此需要零件尺寸公差。製造技術不能生產出完美的零件。這可能是顯而易見的。實際的公差量基於幾個（可能是相互競爭的）因素：

- 1.成本（較大的公差製造成本較低）。
- 2.相似的零件（同一零件）需要互換-所有零件都是公差必須起作用。
- 3.與其他零件配合的零件必須在所有零件都達到極限的情況下做到這一點公差。

因此，指定公差的“默認步驟”是：

- 1.選擇合理或最常見的製造過程的公差。

例如，如果零件是直徑 0.25 英寸的零件，例如 2.00 英寸長，則生產該零件的常用方法是使用 CNC 控制的主軸機床（或車床）。直徑的“行業認可”公差可能為 $\pm 0.002$  英寸。如果零件是熔模鑄造，則直徑公差可能為 $\pm 0.001$  英寸。

- 2.如果以上是設計可接受的，則希望進一步增加公差，檢查總體設計的可接受性。增加容忍度允許更多零件通過檢查，這應該（可能）導致整體成本減少。

- 3.收緊公差，即使最常見的製造工藝在設計要求更嚴格的公差的情況下也不會產生該公差。請與零件製造商聯繫，以確認是否可以（合理地）獲得更嚴格的公差或以何種成本獲得。每個尺寸（位置，孔的大小，角度等）都必須具有公差，公差可以在圖紙上明確說明，也可以作為圖紙上整體符號的一部分。一些設計要求零件的公差非常低。也就是說，如果製造的零件超過了這些公差，它們將無法工作！大多數設計應允許“標準行業”公差具有成本效益。這些“標準行業”容忍可通過以下方式找到：

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

公差以幾種方式在圖紙（文檔）上列出。一個個體圖紙上的虛擬尺寸可以帶有自己的公差；可能有註意到

在幾個尺寸上定義公差，或者在圖紙上有一個註釋涵蓋所有方面。無論如何，每個尺寸的確有公差（應指定）。有幾種尺寸標註方法。例如，尺寸為可以在圖紙上指定名義上為 2.000，公差為 $\pm 0.005$ ：

- 2.000  $\pm$  0.005
- 2.005 / 1.995

•  $2.005 + 0.000 - 0.010$  (單邊尺寸)

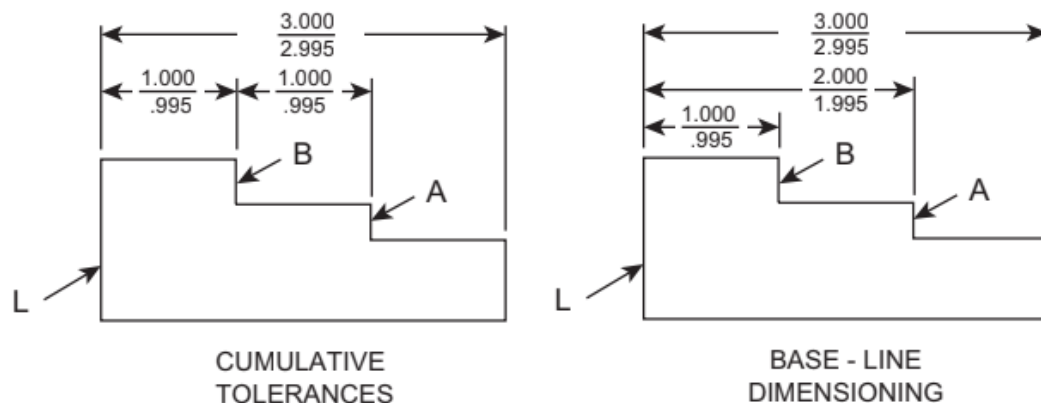
•  $1.995 + 0.010 - 0.000$  (單邊尺寸)

如果容忍度是一個奇數 (比如說總計 0.003)，這將產生一個檢查-雙邊尺寸，如  $2.000 + 0.002 - 0.001$

但是，這將是相當罕見的情況。當接近臨界尺寸時，單邊尺寸標註是有利的在製造過程中會去除材料，例如緊配合孔和軸。因此，對於軸 (去除了材料的軸)，上限的上限是首先顯示為： $2.005 + 0.000 - 0.010$  但是，將這個維度列為  $2.000 \pm 0.005$  公差的小數位數應與基本尺寸顯示的小數位。例如，給定的尺寸為 2.000 的公差將列為  $\pm 0.010$  (不是  $\pm 0.01$ )。

## 4.8.6 公差理論：公差的累積

每個單獨的零件的整體尺寸 (長度/寬度/厚度) 必須最小。此外，零件通常還具有需要確定尺寸的特徵 (切口，孔等)。在確定尺寸時，考慮一個公差對另一個公差的影響非常重要。當表面在給定方向上的位置受到多個公差係數的影響時，公差將累積。例如，在圖 4.3 中，可以通過表面 B 或表面 L 來控制表面 A 的位置：在“累積公差”中，表面 A 相對於表面 L 的位置的公差為  $2.000 + 0.000 - 0.010$ 。在“基準線標註”中，曲面 A 的位置公差為曲面 L 為  $2.000 + 0.000 - 0.005$ 。因此，如果要素 (曲面 A) 需要更緊密地保持在曲面 L 上，則應根據該要素直接確定該要素的尺寸。



應該分析每個尺寸以確定確切的功能從 (尺寸) 控制，以免公差從“不相關”功能。

## 4.8.7 檢驗尺寸 (關鍵尺寸)

零件可以具有數百個尺寸。要完全指定某些零件上的每個功能需要花費大量時間。從歷史上看，工程圖上的每個特徵都經過了尺寸設計，可以根據規範 (工程圖) 或不符合要求進行檢查和發現。隨著用於設計和創建圖紙文檔的 3D CAD 系統的出現，完全有可能以數字方式傳輸所有零件信息，而無需再在圖紙上實際指定任何尺寸，而使零件按“標稱指定”製造尺寸。”也就是說，相隔 3.000 英寸的特徵被“繪製”為相距 3.000 英寸，並且該數字是零件製造商獲取的文件的一部分。在 CAD 系統上調出該零件文件的任何人都可以查詢該文件並查看這些功能必須相距 3.000 英寸 (具有規定的公差作為 CAD 文件)。實際上，檢查部門如果可以訪問 CAD 文件，則可以檢查零件 (也許使用 3D 計算機控制的檢查系統) 並確定尺寸 (3.000) 是否在公差範圍內。因此，問題就變成了誰真正需要知道尺寸以及在圖紙文檔中顯示尺寸的目的是什麼？的每個組織對該問題的答案可能有所不同。一些組織已經決定不指定每個維度，而是指定維度的子集。

在圖紙上標註尺寸的零件已成為慣例確定零件是否已“通過檢查”的尺寸。在零件上僅 (相對) 幾個尺寸，這可能意味著所有尺寸被視為“關鍵”。在具有數百個尺寸的零件上，這些尺寸的子集可能被認為是“關鍵的”，必須通過標準檢查程序進行驗證。這些程序可以是 100% 檢查，也可以是某些商定的小於 100% 檢查的採樣過程。哪些尺寸將被視為“關鍵”尺寸並因此進行了檢查？用於指定 (所有維度的) 此子集的候選者為：

- 1.功能對零件功能是否至關重要？如果有特徵（孔，切口等）配合到另一個零件，則可以認為這是“關鍵尺寸”。如果某種程度上涉及安全性，那麼這將使尺寸成為“關鍵”尺寸必須檢查的類別。
- 2.該功能是否具有“特殊”（非標準）公差，從而將關鍵類別中的維度？如果是這樣，則可以將該維度視為“關鍵維度”。
- 3.某些尺寸（零件原型製作時）是否存在問題？他們似乎引起零件製造商一些問題，導致與那部分一起發展的問題？如果是這樣，則該維度是另一個候選條件標記為“關鍵尺寸”。這種“關鍵維度”的概念出現了一些問題，因為任何功能（無論內部半徑有多“微不足道”），如果沒有公差，引起問題。只是許多維度很可能不導致任何問題，因此只有一小部分被視為“嚴重”。

## 4.8.8 真實位置標註

真實位置標註，或更具體地說是幾何標註和公差，是一種針對零件特徵的實際“功能”和“關係”指定工程設計和工程圖要求的方法。此外，這項技術只要正確應用，就能確保最經濟，最經濟有效生產這些功能。該系統的主要目標是在設計，生產和檢查組之間進行統一解釋。我將不在這裡介紹細節，而是簡要概述幾何尺寸和公差（GD&T）的基礎和推理。目前權威參考文獻中顯示了管理“GD&T”使用的文檔。[15-17]。

GD&T的基本原則之一是將想法從“矩形公差帶”更改為“圓形公差帶”。直角坐標系中的正常位置公差允許“方形”公差帶，而公差帶變為具有真實定位的圓（圓的面積為

比正方形大 57%）。製造業之所以轉向幾何公差，主要是因為它提高了生產率並降低了成本。優點包括：

- 通過指定最大但可行的公差來提高生產率，在許多情況下，允許製造偏差超出以下規定的公差尺寸公差（舊的公差系統）
- 通過明確說明與零件功能有關的設計要求，使配對零件具有互換性，並可以使用省時的功能規
- 圖紙及其解釋的統一性，確保工程，製造和質量控制之間的有效溝通

如果從零件邊緣定位了四個孔的圖案，並且在孔之間指定了一個距離（包括四個尺寸的公差），則將增加無法配對的零件配合的機會。相反，如果四個孔的圖案位於零件邊緣，並且孔之間的 X 和 Y 使用基本（精確，理論，無公差）尺寸，並添加“真實位置”尺寸-版本中，該模式的潛在位置不會有任何歧義。

如果將尺寸公差為 $\pm 0.005$  英寸公差的單孔位置替換為直徑為 0.014 英寸的位置公差帶，則公差“面積”將從矩形（ $0.010 \times 0.010$ ）區域擴大到圓形  $\pi / 4$ （ $0.014$ ）<sup>2</sup> 面積，導致面積增加 57%。這相當於“現實世界”的拒絕率從每 100 個零件中有四個零件減少到了每 100 個零件中有兩個零件。

完整的真實位置標註包括：

- 1.基本定位尺寸（不適用公差的情況）
- 2.添加到要定位的要素中的表達式（符號），例如位於.XXX DIA 內的真實位置（或位於真實位置的.XXX R 內）
- 3.基準參考

為防止誤解，應始終相對於基準確定真實位置。實際上，“圓形公差帶”等於位置公差，特徵（通常是孔）的軸必須在圓柱體內。孔的中心線可以與圓柱公差帶的中心線重合，也可以與其平行，但可以移位以保留在公差圓柱體內，也可以是保持在公差圓柱體內時傾斜。因此，孔的軸不僅以 2D 定義，而且以 3D 定義，這是對孔圖案的可接受性的更為有力的描述。這在圖 4.4 中示出。通過 GD&T 指示幾何公差的方法定義了直線度，平面度，平行度，垂直度，角度，對稱性，同心度和圓度的條件。例如，附在圓柱上的音符說明“直接在 0.010 之內”是該語句的“簡寫”：

無論特徵的實際大小如何，表面的任何縱向元素都必須位於兩條平行線（相距 0.010）之間，兩條直線和特徵的標稱軸位於同一平面上。因此，“標準化”註釋可以非常清楚地傳達設計者，製造者和檢驗部門普遍理解的明確含義。

基準特徵是 GD&T 中的強大工具。應基於以下能力選擇它們：

- 功能性
- 配合面
- 易於訪問
- 可重複

有關基準的其他一些事實：

- 基準是理論上精確的幾何參考。
- 主基準提供特徵方向。
- 假定零件本身存在基準。
- 從工具點或曲面建立基準。
- 平板和 V 形塊是模擬基準。
- 基準特徵（與模擬基準匹配的零件的實際特徵表面）包含錯誤。
- 基準參考框架由三個相互垂直的平面組成。GD&T 也具有“修飾符”的概念。修飾符與特徵控制符號一起使用，以識別尺寸公差如何影響幾何公差區域。最常用的修飾符是最大材料條件（MMC）或與特徵尺寸（RFS）無關。

MMC 在圖形上顯示為“圓圈 M”，而 RFS 在圖形上顯示為“圓圈 S”。MMC 表示對象中可能使用的最多材料，並用於特徵控制符號中。這意味著幾何公差僅會影響 MMC 處零件的尺寸。（真實位置符號“帶有十字線的圓圈”表示 MMC）。RFS 意味著幾何公差將影響任何物體的任何產生的尺寸。大多數幾何特徵（直線度，平面度等）都暗示著 RFS。讓我們看看使用修飾符如何影響幾何公差帶。我們來看三個例子：

- 常規（非 GD&T）
- MMC
- RFS

Size	Max. out of straightness	Max. out of straightness
	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，幾何公差是一種強大的技術，可幫助設計人員考慮零件設計的“控制特徵”是什麼，以及如何實際檢查零件以確定特徵是否與工程圖（設計）一致。 列出了其他參考。

## 4.9 現成的組件

電子外殼的設計者必須始終從以下方面開始設計：已經設計的東西可以在新設計中使用。搜索應在公司外部（在設計師自己的公司內部）包括來源或 OEM。設計人員已經可以使用的示例是：

- 緊固件，墊圈，支座，螺紋嵌件，銷，彈簧
- 散熱器，絕緣子
- 櫥櫃，架子，滑梯
- 橡膠墊圈，保險槓，減震器，墊片，O 形圈

- 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。決定要麼製造新零件（正是所需的零件），請聯繫 OEM 以查看是否可以獲得略有不同的版本，或將設計調整為適用於現有零件需要分析。該決定應收斂於成本，時間和對規格的符合性。此外，OEM 供應商的目錄通常包含相關的設計信息，可用於設計類似的產品。零件目錄中的零件。應考慮重複使用另一種設計的零件。對於例如，如果需要新的更薄的外殼，目前的上部外殼可以重複使用？

#### 4.10 原型製作

我試圖寫這本書，以使其與未來的設計師有關時間，也就是說，不要將技術材料放在很快會變成文本的地方

過時的關於原型的這一部分“處於危險之中”，因為我目睹了用於原型的技術在我 30 多年的發展中經歷了最大的變化設計工程，我可以看到它們持續快速變化，我現在所說的關於特定過程的很多東西已經過時了（也許在發布之前）。但是，不會過時的一件事是需要原型製作。原型設計對於任何工程產品的高效設計都是至關重要的。快速，相對現實地表達“最終構想”，使團隊中的每個人都能感覺到項目的發展方向。原型將要麼推進項目，要麼重新評估當前的想法。的原型可以是整個項目的任何部分，僅是一小部分產品到整個成品。我見過很多（非常）原始原型的實例，它們提供了驚人的快速給設計團隊的信息。紙，紙板和剪刀可以快速說明設計的某些方面 - 同樣，原型生產的速度不能達到過分強調。圖紙本身並不能使設計團隊中的每個人都知道設計將是什麼。即使是三維表示也無法完全傳達設計。有一些設計工程師可以看看圖紙，並確保最終設計將達到目標；但是，有些人沒有能力將這些“線條和數字”解釋為他們可以想像得到的東西，他們需要觸摸和感覺一個物體來確定它是否“有效”。尺寸是物理原型似乎比圖紙更容易傳達的一個方面。當然，任何設計功能設計團隊需要實際使用並具有人為“互動性”的信息，以了解設計功能實現設計目標的能力。客戶的手幾乎要觸摸的所有東西都需要建模才能看到這種“心手互動”將如何工作。人體工程學是一門完整的學科致力於確定最佳決策。例如，如果要在產品，會出現一些常見問題（原型將幫助回答問題）：

- 哪種機制可以打開門（並關閉門）？
- 門一旦損壞（在異常使用情況下）如何維修？
- 門會左右打開還是上下打開？
- 門需要密封到什麼程度（一旦關閉）？
- 打開（關閉）門需要多少力？
- 門是否需要保持打開狀態（不保持打開狀態）？
- 門是否需要上鎖？
- 門是否滑動，鉸鏈，滾動或以其他方式移動以打開？
- 什麼（在門上）用來打開和關閉門？

速度是生產原型的關鍵因素。原型是有目的的提供有關設計本身的“快速信息”，以便找出是否要追求設計方向或是否更改方向對於該過程至關重要。此外，必須確定原型能否很好地體現設計意圖被製造。原型是如此“原始”，以至於它不能正確地模仿最終設計就可以繼續設計方向，這無濟於事整個過程。在確定原型過程中的“準確性”與及時性之間必須取得平衡。一旦確定“速度”為關鍵因素，成本然後必須是次要的。也就是說，節省了整體產品交付參數（時間和符合規格）的昂貴原型生產是一個堅實的基礎投資。內部原型製作能力與將原型外包出去要回答的問題（由項目管理團隊）。一些公司內部具有原型製作功能的功能，因為它具有以下優點：

- 更好地控制原型的調度（針對競爭需求）（應導致更快地生產原型）。
- 原型製作過程本身的利潤保留在內部。



由於以下原因，將原型製作過程外包出去可能會更好：

- 最新的過程通常在屋外可用。這是由於原型製作流程的快速變化和設備的資本成本這些原型製作過程所需的。
- 原型設備不需要維護或說明。決策（內部或合同原型）必須作為時間進行分析前進。例如，內部 3D 打印（塑料零件）的成本為通常被禁止作為資本成本，機器尺寸，所需培訓和進度在 2000 年之前，技術變化過高但是，到 2005 年，辦公室裡的 3D 打印機變得很普遍。也可以通過各種 3D 來完成鈹金或金屬零件原型的製作印刷方法，但目前仍屬於“快速轉彎”原型設備領域（利用鑽/加工/沖壓）。原型製作過程的另一個考慮因素是原型是否為在以下任一位置捏造：

A.將生產零件的同一供應商

B.與將來的生產零件位置選擇無關的供應商

利用“相同供應商”的優點是某些問題已解決淘汰了將使生產零件“順暢”的原型零件。但是，有時通過使用獨立於未來的生產零件將盡快拿到原型零件。同樣，沒有人答案將適合所有特殊情況。

## 附錄

該附錄提供給 EPE 設計人員，以使他們了解一些常見的鈹金沖壓和成形方法。此外，還有一些信息鈹金設計尺寸的“最佳實踐”。EPE 設計師將設計相當多的鈹金零件，因為鈹金提供了機箱的許多單個部件所需的強度。普通金屬使用的材料將包括鋁和不銹鋼。此處顯示的許多材料通常在公司中顯示設計指南和 EPE 設計師有望找到有用的信息。如

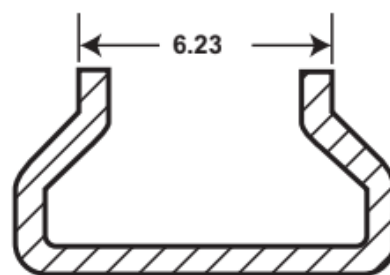
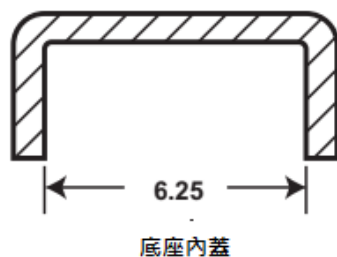
通常，設計師還應該諮詢鈹金加工商以了解信息與其製造過程一致。

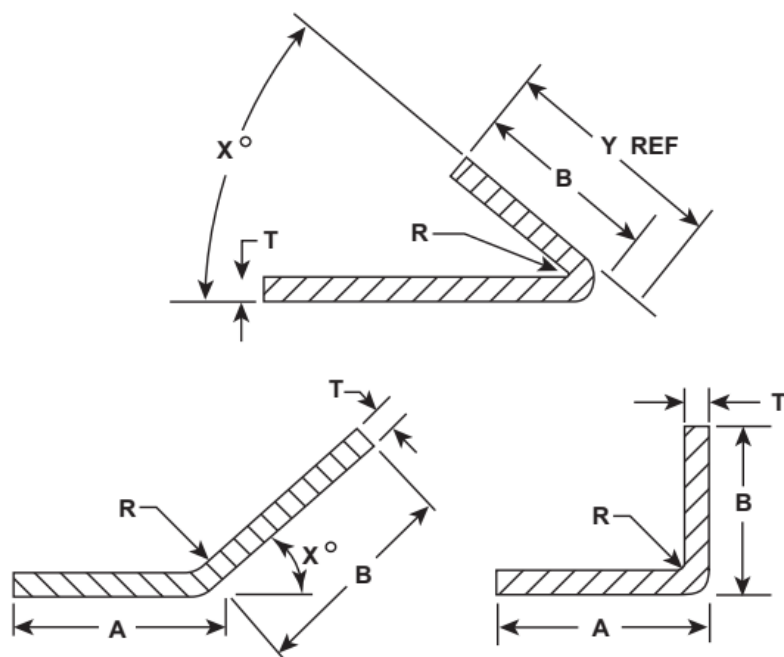
## 工程圖上鈹金的尺寸

應放置尺寸，以免增加或減少材料厚度，強度和公差，應根據零件的功能提供。這在圖 4.5 中說明了底蓋和底蓋。注意這里通常尺寸應適用於零件的外部。內部尺寸必須為為了確保配對零件的合適性，可以在尺寸中添加“內部”一詞，以強調零件的尺寸與另一零件“匹配”的想法（以及因此至關重要）。最重要的方面是尺寸在最關鍵的一項，那就是封皮確實可以安裝在底座上。

## 尺寸標註

鈹金零件中折彎的尺寸應採用切線或延伸點而不是半徑中心，如圖 4.6 所示。切線或延伸點更好，因為可以測量這些點，這就是





**Fig. 4.6** Dimensioning bends

重要目標。任何時候將尺寸賦予無法測量的點（很容易），可能導致歧義。要指出的另一點是，通常，中心半徑不是設計中實際需要的位置，但零件邊緣是更加關鍵。一個更簡單的“經驗法則”可能是，如果不需要半徑來構造零件，然後是到中心的尺寸半徑可能不是必需的。還要在圖 4.6 中註意，銳角和鈍角的尺寸 “B” 可以由從底部到角度的最高高度的尺寸替換（如直角的尺寸）。這個維度將更有價值可以用高度計輕鬆到達（檢查）。