

## Chapter 2

### 建立設計

我們的設計都將僅從產品構思開始。這些想法需要經過驗證，因此我們將繼續構建原型，如果這些原型似乎可行通過對某些書面規格的測試，我們將通圖紙記錄設計。我們需要此文檔，以便能夠以可重複的方式構建更多產品方式。本章將以產品的角度出發，優化所有組成最終對象的對象的方法工作設計。

#### 2.1 如何開始

- 全新的設計：這是設計師的“整潔”開始；除了遵守規範外，它們基本上沒有任何限制。我們將在整個章節中介紹確切的規格及其各個組成部分。
  - 延續（或增加）現有設計：這是對全新設計的變體，但是現有設計中只有一小部分需要修改。這裡的設計師面臨著與全新設計相同的挑戰，但是額外的工作必須利用現有的設計。我們將在單獨的章節中定義在此上下文中“系統”的確切含義。
  - 現有設計的重大修改：同樣，這是對全新設計的變形，但是在這種情況下，原始設計的很大一部分都需要修改。設計師的任務是更改整個設計的一部分，因此比起全新的設計，會有更多的限制。
- 因此，重要的是要知道當前的設計工作將適合先前所做的工作。我們的“基本佈局”可以在有或沒有先前工作約束的情況下進行。

#### 2.2 定義設計邊界：系統說明

定義正在設計的「系統」的幾個字:設計可以非常複雜和大(想想航太飛機或大型客機),較小的系統(想想汽車),或者更小的系統,如個人電腦、咖啡、製造商或手機。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。這一點至關重要設計人員記住正在設計的系統。這對各種原因,其中幾個是:

- 專注於個人責任(工作範圍)
- 瞭解必須與本設計介面的其他設備
- 整體"系統"功能(而不僅僅是子系統的功能)

例如:

- 手機
- 電池充電器
- 電纜
- SIM 卡

- 說明書
- 其他運輸材料(標籤、袋子、氣泡包裝)

(我們將限制在這裏討論"系統",因為人們甚至可以想到一個更大的包括手機塔和衛星系統的系統。)我們從系統描述開始,因為大多數電子外殼都環繞和支持產品。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)可以放入微通信輸入器(第二個產品)中,並形成全新的產品,在此示例中,即可聯網的輸入器。隨著可聯網的輸入器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。

從另一種方式看事物,我們可能只負責設計一個子系統一個更大的系統。因此,我們的「系統」可能甚至不是產品,而僅僅是一部分一個更大的"系統",已被分解成(時間)可管理的部分。

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。此系統如圖 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"),其中包括另一個子系統,數據錄音機支架

實際上，這個"系統"中甚至會有更多的獨立部分，包括-電纜，運輸容器（盒）和說明手冊（但我們忽略這些對於此示例）。

## 2.3 設計過程

### 2.3.1 總體項目開始到項目完成

設計可以以多種方式進行，所有公司執行整個產品設計過程的方式各不相同，但是它們確實具有一些共同的特徵。最終結果（符合規範）是衡量成功的標準。設計通常按以下步驟進行：

- 1.構思草圖 – 這是項目的“理想”階段。單詞必須變成這些單詞的圖片表示。一旦想法採用某種形式，就可以輕鬆地對其進行審查和修訂。審核小組中的某些人需要對構思有“了解”才能真正看到所提出的內容。
- 2.審查想法並授權進行原型製作-此動作將“想法圖片”轉換為團隊可以實際觸摸的東西。草圖形式中看起來不錯的東西現在可以被拿起，持有和使用。客戶使用產品的方式；原型是一張完整的三維圖片。“進行授權”很重要，因為這些項目通常在時間和金錢上受到限制，因此這些支出必須由團隊同意。步驟 3 和 4（如下）實際上創建了原型。
- 3.製作原型構想的圖紙（文件創建） – 通常，將草圖轉換為數字化的圖紙文件，以便製作設計。
- 4.原型製造（物理零件） – 項目團隊將確定製造原型的成本和時間限制。有時，僅需一個“快速且簡陋的”原型即可取得良好的進展。有時需要根據嚴格的規範構造的原型。 EPE 設計人員應該對開發階段需要什麼有很好的認知。
- 5.原型分析和測試 – 團隊收到原型後，將對其進行測試以查看原型如何符合規範。項目團隊僅確切確定需要進行哪些測試，以決定測試之後如何進行。
- 6.審查原型和測試結果 – 測試結果由團隊審查，並提出修訂建議。
- 7.進行更改以改進原型（圖紙和原型） – 這是迭代過程的開始，最終將導致設計符合產品規格。
- 8.對版本 2 的進一步分析和測試（假設版本 2 符合產品規格。）
- 9.最終文件製作/最終測試/最終審查
- 10.正式批准生產發布的設計

注意，上述過程中的“生產下達”允許生產“一定數量”的單元以生產以出售給客戶，或用作更多單元以用於更廣泛的測試程序。公司在為客戶發布和測試產品的過程上可以有多種方式上的差異。

### 2.3.2 EPE 設計者的開始注意事項

對於 EPE 設計器，沒有進行“絕對正確”的設計方法。每種情況都有其獨特的最佳方法，以使可見的，所需的進度成為可能。有時，幾天後組裝在一起的原型可以為市場帶來令人難以置信的新產品突破。在其他情況下，採用系統化的方法

可能的解決方案（花費數月的時間）可能是最佳途徑。話雖如此，以下概述

至少應該作為起點對設計有用。

1. 確定與負載不直接相關的解決方案的用途和要求。這些要求中一些更為重要的是：

- (a) 環境 – 產品將在哪裡使用？例如辦公室/戶外/高空/車輛。
- (b) 溫度 – 環境的極端溫度是多少？
- (c) 預期壽命 – 一次使用，多年保修，服務？
- (d) 成本要求 – 始終是重要的考慮因素。絕對將取決於生產的單元數量和工裝預算。
- (e) 加工要求 – 外觀細節可能會大大影響成本。
- (f) 尺寸和重量限制 – 當前行業解決方案的局限性是什麼？影響設計師選擇的材料/製造技術。
- (g) 安全和法規要求 – 產品失效的後果是什麼？以上所有內容都是 EPE 設計者在設計之初就要考慮的重要因素。例如，室內與室外環境會產生不同的設計。與預期使用“一次”的設計相比，需要經過 1000 次使用後才能工作的設計產生了不同的設計。成本低於 5 美元的設計與成本低於 100 美元的設計產生了不同的設計。通過遍歷以上每個元素，EPE 設計人員可以確定一些初始約束。

2. 根據可能需要單個構件（和組件）承受的所有各種可能類型的載荷來確定或估算工作載荷。有必要考慮所有可能的載荷組合，並在可能的情況下確定載荷與時間之間的關係。一些可能的負載類型是：

- (a) 靜態
- (b) 穩態動態（振動）
- (c) 瞬態動態
- (d) 撞擊或衝擊
- (e) 身體接觸，例如點負荷或摩擦
- (f) 其他載荷，例如熱/重力/聲

上述負載確定對於 EPE 設計人員的設計也是非常重要的考慮因素。例如，10 磅靜態負載與 100 磅靜態負載產生了不同的設計。如果這些負載隨時間變化，這將導致不同的設計解決方案。確定負載的大小和類型將直接確定支撐電氣組件所需的材料和橫截面形狀。

3. 確定故障機制將是什麼。變形是由於軸向，剪切，彎曲或扭轉載荷而發生的。可能的故障模式為：

- (a) 總體屈服（總體無彈性行為）
- (b) 破裂或斷裂
- (c) 突然 – 由脆性材料上的靜態或動態載荷引起
- (d) 慢 – 由延性材料上的靜載荷引起
- (e) 漸進式 – 由反復加載（疲勞）引起
- (f) 過度變形
- (g) 屈曲

- (h) 蠕變 – 恆定應力下的變形
- (i) 鬆弛 – 在恆定應變下改變應力
- (j) 磨損（磨損）
- (k) 腐蝕

通過 EPE 設計人員確定他們的設計將如何失敗（在當前的設計狀態下），可以修改該設計以防止失敗。測試還將揭示一些故障機制。但是，如果可以在測試之前考慮其中一些故障機制，則可以節省很多開發成本。

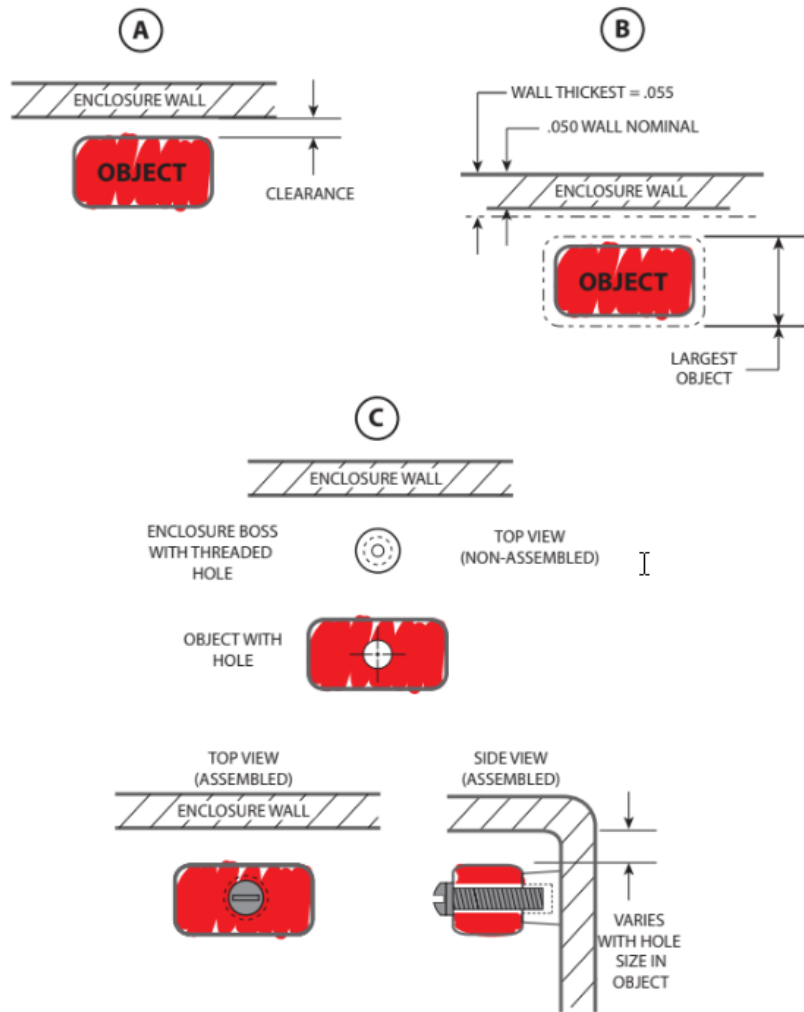
總結以上三項，通過確定設計的用例，負載和潛在的故障機制，EPE 設計人員可以在紮實的基礎上進行設計。

## 2.4 最佳對象放置

可以將大多數設計視為物體在空間中的物理放置。各個對象是整個組件的獨立部分。一些個別零件是眾所周知的（它們是從另一家公司購買的現成零件，或者是以前在內部設計的零件的重複使用）。除了“已知”零件外，其他零件也需要全新設計。這些新零件可以在內部生產，也可以完全指定由另一家公司生產。

電子包裝設計主要包括將子系統安排為最有效的安排。決定這種安排的第一步是查看子系統的單獨體積。這些體積以及它們之間為消除所必需的“間隙”通常將設置“外部邊界”，因此在很大程度上設置了產品的整體尺寸。有時，設計人員首先要考慮的標準是產品的整體尺寸。然後，他們必須從這裡決定是否可以在給定的總體規模內適應所有要求的條件。也就是說，確實可能需要子系統縮小以適應給定的整體大小。

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（在空間中）與外殼（顯示為“牆壁”）相距一段距離。我想開始討論電子外殼的設計，並介紹幾種設計“方案”。大部分討論是針對 2D（俯視圖，從上方）情況，但是很容易擴展為包括 3D（側視圖或 Z 方向），我將展示該第三視圖的一些示例：



基本物體/牆壁間隙：圖 2.2 顯示了物體和牆壁。“對象”幾乎可以視為任何事物。例如，它可以是印刷電路板組件，汽車發動機或任何電子組件。“牆壁”可以視為外殼的外表面或要設計的物品的外部。在幾乎每個設計中，設計人員都必須確定“對象”與“牆”之間的距離（間隙）。這裡的想法可以擴展為確定對象 1 和對象 2 之間的距離。這些確定的間隙均不需要彼此相同。X 方向上的間隙可以不同於 Y 方向上的間隙，Y 方向上的間隙也可以與 Z 方向上的間隙不同。

## 2.4.1 間隙距離

1.物體和牆壁的公差：如果要保持特定的距離（例如，假設為 0.100 英寸）和標稱的整體（外部）尺寸，則設計必須允許：

- 極限公差時最厚的牆
- 可能的最大物體（在物體公差的最高極限處）請注意，最厚的壁和最大的物體都減小了 0.100 英寸的標稱間隙距離。（還請注意，最薄的壁和最小的物體都可以增加 0.100 英寸的標稱間隙。）

- 必須考慮將物體固定在盒子上。也就是說，緊固系統將允許物體在多大程度上靠近牆壁？

假設對象具有一個簡單的安裝孔，並且盒子中具有一個螺紋凸台。物體上的孔（比）要大一些（用於將物體固定到盒子的螺紋凸台內的螺釘）。因此，如果緊固件位於通孔的一側邊緣，則物體可能會更靠近牆壁。還必須考慮盒形螺紋凸台位置的位置公差（相對於盒壁），因為凸台實際上可能更靠近壁（由於製造公差）。通常，可以忽略此“緊固公差”，但在某些間隙有限的緊湊空間設計中，這可能很關鍵。因此，對於到目前為止的間隙示例，僅考慮公差，我們可以具有以下公差：

- 壁厚可能要厚 0.005 英寸。（總體上受到“限制”尺寸，所有這些都會增加盒子內部的壁厚）。
- 物體本身（在物體邊緣的安裝孔）可能會處於最大位置。

國家容忍度這可能是 0.010 英寸。

- 由於其位置公差，盒子中的安裝凸台可能更靠近牆壁。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，從而允許額外移動 0.005 英寸。

以上所有（4）公差都加到  $0.005 + 0.010 + 0.005 + 0.005$ ，總計為 0.025 英寸。

腳註：（統計註釋）一些設計師會提出一些統計概率（小於 100%），即所有（4）公差都將在一個方向上進行，而我們（可能）不會有 0.025 英寸的總和。一些保守的設計人員會假設所有公差都將在“錯誤的”方向上進行，因此設計是“最壞的情況”。我現在通常不會理會公差的“統計”方法，但在空間非常受限的設計情況下，它可能會很有價值。

- 使用平方和進行公差
- 使用蒙特卡洛模擬進行公差

2.物體相對於牆壁的運動（在產品運行過程中）：這也稱為“搖擺”間隙，即，物體在運行時可能會振動，而牆壁可能會保持牢固。

3.物體的伸長（在操作過程中）：這可能是熱膨脹的結果。

4.總體（外部）尺寸限制：內部餘隙距離將受到總體尺寸的影響。也就是說，對於給定的整體大小，對象之間的距離將有一些特定的限制。對象之間的距離將取決於對象的尺寸公差和對象位置的公差。如果總體尺寸不受限制（稀有實例），則對象尺寸和間隙對象之間的大小將決定整體大小。

## 2.4.2 對象排列

設計人員通常會通過“生產”排列所有適合安裝在外殼中的物體的方式來最大程度地減小外殼的整體尺寸。這可以在兩個維度（X 和 Y）以及第三個維度 Z 中完成。對象的其他佈置旨在滿足組裝，維修，美觀或用戶界面的需求。

為了最小化整體尺寸，選擇了對象之間的一定距離。該距離可以首先被認為是

標稱距離。然後可以調整該標稱距離以適合設計。例如，可以假設物體之間的標稱距離為 0.100 英寸（在所有方向上）。當然，所有對象之間間隙大小不必相同。也許對象之間的 0.100 “間隙”產生的整體尺寸超出了產品的期望（超出了產品規格）。然後，設計人員希望減小 0.100 英寸的間隙 – 但是，間隙不能小於零，並且它不能少於任何“最壞情況”的問題，例如，在其尺寸公差上限處提供的對象或下面探討的其他因素。然後，設計人員檢查是否已放置了外殼中的所有對象，並且對象之間的間隙是否能夠避免在存在設計的所有環境和用戶體驗下對象之間的所有干擾。檢查以確保物體可以“直接”的方式組裝到外殼中，並確保產品的服務宗旨得到維護。

該設計已準備就緒，可以進行設計評審過程。

查看時，卷（或對象）之間的間隙是以下功能：

- 加工公差：給定的“盒子”可以指定為公稱尺寸。但是，當供應商將盒子加工到公稱尺寸的允許外部極限時，會導致盒子略大（或更小）。
- 冷卻要求：某個組件可能必須與另一個組件保持最小距離，以使該組件不會受到無法承受的熱影響。在某些散熱情況下，必須將組件放置在盡可能近的位置（彼此連接）。
- 組裝和維修要求：由於組裝或拆卸組件所需的間隙，組件之間可能需要一定的空間。
- 產品（選件）的將來添加：計劃添加或產品選件可能需要一定數量。

回顧我們的初衷，要找到距牆壁 0.100 英寸的物體，當我們進入詳細設計時，必須小心此 0.100 英寸的標稱間隙（如右圖所示）。以上關於公差的討論，因為該距離可以很容易地“縮小”（在最壞的情況下）從 0.100 英寸縮小到 0.100 減去 0.025 (= 0.075 英寸)。當然，也可以增加到 0.100 加 0.025 (= 0.125 英寸)。在“草圖”設計階段，我們不會關注此尺寸；同樣，隨著設計進入原型開發階段，它將變得更加重要。

在 0.100 英寸尺寸上的所有上述集中旨在說明在對象（在這種情況下，是對象和牆壁）之間設計了“一定距離”。在大多數設計中，必須使物體的整體尺寸最小。這導致大多數設計在對象之間的距離盡可能小。使總體尺寸（和所產生的重量）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世界中（通常）等於：

- 重量更輕（更好地節省燃料或易於使用）
- 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（對於消費者或生產者）

在某些情況下，它不是所需的最小距離。諸如散熱或機械耦合（例如在齒輪傳動中）的複雜性肯定會影響物體之間的距離。在示例中，我們一直在“簡化”設計過程。

因此，對於我們的物體與牆壁之間 0.100 英寸距離的示例，設計人員實際上將



面臨挑戰，以確定這可能是最小的距離（例如，如果該距離為 0.050 英寸，則我們的整體產品可能會更小）。這個距離會進一步縮小嗎？（請記住，我們在此距離上產生了 0.025 英寸的“不確定性”。）

在設計的“草圖階段”，準確確定該距離可能並不重要。為了以非常快的方式證明整體設計，設計人員可以使此距離為 0.125 英寸，並在設計證明一定成功的情況下，仔細研究減小該距離的細節。

壁厚通常是以下功能的函數：

- 產品操作所需的強度
- 產品的重量限制
- 製作工藝

壁厚不必一定是“恆定的”，也就是說，壁厚可以通過添加肋或角撐板或可以允許厚度局部變化的製造方法而變化。

## 2.4.3 對象排列示例

到目前為止，在我們關於定位兩個對象（一堵牆和一個對象）的討論中，我們僅用二維簡化了討論。在本節中，我們將擴展為三個維度。讓我們以“對象排列”為例。讓我們看一下在機櫃中定位兩個對象的幾種方法，看看我們有哪些選項。就本示例而言，假設兩個對象都是“磚”（字面上是磚），其近似尺寸為：

- 2.5 英寸厚
- 3.5 英寸寬
- 8.0 英寸長

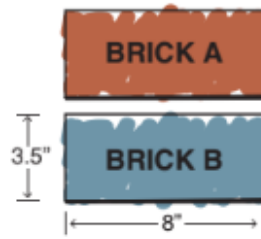
在我們的 2D 示例中，我們將忽略“厚度”，而僅使用 3.5x8.0 的寬度和長度尺寸。因此，我們基本上有一個 3.5x8.0 的矩形。（我們將進一步回到 3D 示例，因為這為我們添加了更多選擇。）請參見圖 2.3。

現在，假設我們設計的基本出發點是將兩個磚（磚 A 和磚 B（尺寸相同））容納在一個封閉空間中。在開始時，我們沒有以下限制：

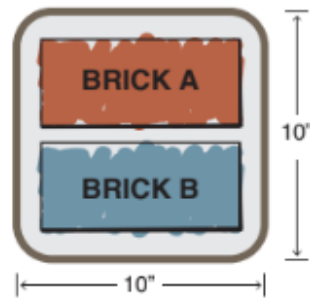
- 外殼的整體尺寸或形狀
- 外殼材料成本

## Optimal Object Placement

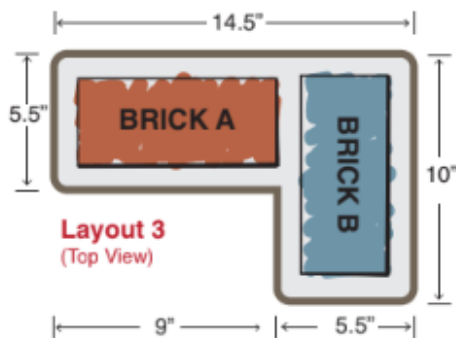
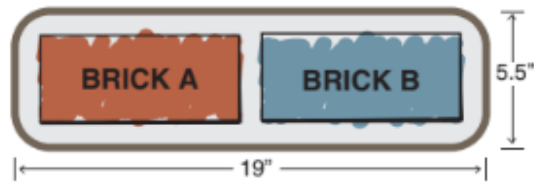
Examples of different arrangements of two objects (Brick A and Brick B) in an enclosure



Layout 1 (Top View)

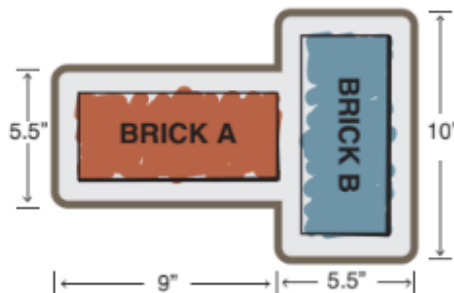


Layout 2 (Top View)

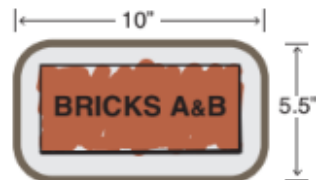


Layout 3 (Top View)

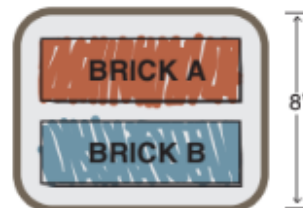
Layout 4 (Top View)



Layout 5 Stacked (Top View)



Layout 5 Stacked (Side View)



我們可以輕鬆地設想（至少）五種不同的方式來相對於磚 A 和磚 B 定位，從而產生截然不同的外殼。當然，有超過五種不同的方式，但是我選擇了標準的“笛卡爾”磚排列，其中磚彼此平行或對齊。

現在，讓我們分析五種佈局。（對於所有佈局，我們假設外殼的外觀非常薄，實際上使外殼的寬度，長度和高度增加了零。此外，我們將忽略外殼可能具有的圓角，而僅假設正方形 角落）。

這些簡單的佈局說明即使放置兩個對象（在這種情況下為兩個磚塊）也代表了很

多可能性。如果添加第三個對象或不同大小的對象，您會發現這變得相當複雜。有時，一個對象相對於另一個對象的放置是有根本原因的，因為一個對象的“入”應該靠近另一個對象的“出”（嵌套對象）。無論如何，讓我們繼續討論上面五個佈局的一些相對優點。

在佈局之間進行選擇可能有一個基本的美學原理。也就是說，可以選擇佈局 1，因為它被認為是“更直接”（更誠實），而佈局 3 也有可能被認為是“更直接”。有趣。”因此，佈局的選擇可能取決於市場決定，即客戶會發現 2.4 最佳對象放置特定的外殼形狀更令人愉悅（並因此導致了更高的產品銷量）。

如何優化（最小化）外殼的表面積-哪種佈局導致最小的表面積？同樣，外殼在其側面，頂部和底部都圍繞著這兩個磚塊。

**both bricks on their sides, top, and bottom.**

	Volume (Cubic inch)	Perimeter area (Total square inches)
Layout 1	450	340
Layout 2	470.25	380.5
Layout 3	470.25	377
Layout 4	470.25	377
Layout 5	440	358

### 關於對象排列的一些結論

如果要最小化卷，則佈局 5 是最佳。這可能有利於一些尺寸受到限制的設計。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)將是一個外殼，將是一個球體。6 英寸半徑球體可以容納佈局 5 產生的體積約 900 立方英寸，而只有一個周長面積約 450 平方英寸 - 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"鳥巢-"給定布局區域中的各種幾何物件。

各種技術可用於優化佈局的緊湊性。一次全部確定儲存模組中的物件，設計人員可以對這些物件建模並開始將它們放在一個方向：

1. 以高效的方式利用空間。
2. 放置彼此需要接近的物件，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，則可能具有這兩個物件盡可能接近 - 如何消除電纜通過 con-將物件 1 直接放入物件 2
3. 放置彼此需要盡可能遠的物體。同樣可能有機械、熱或電子這樣做。

需要注意的是,佈局 3 和佈局 4 可能更為複雜,生產(製造)。非對稱機櫃可能更難比牆製造。如果機櫃是工具,則不一定如此(成型或鑄造)產品。但是,如果外殼是鈹金,則額外的牆壁提供了一些更多的問題來製造。

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 對象,我們實際上將需要在 3D 設計。2D 中的快速草圖可以解決部分設計意圖,但所有細節都需要顯示為設計移動到 3D。這使得 CAD 工作對精度和速度至關重要在當代設計世界需要。建立所有物件的 3D 模型使檢查間隙和適合易於更改和優化。例如;

這是機械設計人員對印刷電路板元件 (PCBA) 的看法。它基本上具有安裝在印刷電路上的許多元件的 2D 佈局板。但是,所有這些元件都處於不同的高度,因此間隙多氯聯苯的上下在許多領域會有所不同。因此,多氯聯苯 A,伊利被認為是一個「2D 區域」(在「草圖階段」),有一個「厚度」,它使其成為 3D 卷。

## 章節摘要

本章將我們帶入一個只有想法的設計的起點。它向我們展示瞭解如何將這個想法轉變為物體在空間中的幾何放置,從而使我們對該想法進行物理表現。

首先,我們著眼於起點並定義設計的邊界-我們從什麼開始,什麼是設計的“外緣” 我們必須定義客戶所需的產品。

最後需要權衡取捨,我們必須意識到我們如何確定這些權衡之間的最佳選擇。