

高可靠度電子產品 之 制造技術

作者：區喬松
香港中國工程師學會
電機工程委員會主任委員

作者簡介

- 作者：區喬松是成功大學電機工程系 1968 年畢業，曾任電腦程序講師，電腦測試工程師，電腦設計工程師，生產工程經理，測試工程經理，品質保證經理，技術總監等。由於工作關係，曾認證 Mil-Std-2000 的 Category C 人員 (訓練師和檢查師) 負責訓練和監督按照 Mil-Std-2000 要求生產美國政府的電子產品。這種產品均是在惡劣環境工作的高可靠度產品。後來又在另一公司制造高可靠度而用於防火的電子系統和用於通訊的電力系統的電子儀器，因此作者是長期從事於高可靠度的電子產品的制造。本書是作者把高可靠度電子產品的制造技術，綜合有條理的說明制造高可靠度產品的關鍵技術和要求。推廣給各同業，增加產品的競增力。

介紹

- 國際標準 IPC把電子產品根據應用的環境, 分為三級.
- 1. 普遍的消費電子產品 - 主要是其功能符合消費者要求.
- 2. 專用服務的電子產品 - 主要是在應用的環境不會產生故障, 是可以連續不斷操作而有相當長的使用期, 但不是決定性的.
- 3. 高可靠度的電子產品 - 主要是其應用的可靠度是決性的, 產品的故障是不能容忍的, 使用的環境可能非常惡劣而產品是需要發揮其功能, 例如需要支持人的生命或其他有危險的系統例如防火, 汽車, 飛機等.

高可靠度電子產品的需求

- 其實有那一位消費者希望他們的電子儀器損壞呢? 我們認為他們均希望買到不會損壞的產品. 他們會選擇品牌. 也就是他們認為很好的電子產品, 可能會出稍高的價錢.
- 所以就算是消費電子產品, 也應用高可靠度的標準設設和生產.
- 因此 IPC 用以把電子產品的分類, 只是以其應用的安全可靠的重要性分類, 對產品制造商來說, 均希望造出高可靠度和優美的, 使用的人均喜愛的電子產品.

影響電子產品可靠度的因素

- 所謂高可靠度電子產品,就是在正常所使用和儲存的環境下,可以長期操作而不會損壞的.例如 20 年或更長.
- 電子產品所使用的環境,會使產品損壞而不可靠的主要原因.包括以下各點:
 1. 環境溫度有週期性的變動 - 這變動使產品結構上,所使用的物料因有不同的冷縮熱漲的系數.而被損壞.日常的溫度,早中晚間,均有溫差的變動.室內和室外,袋內袋外,冬天和夏天等,也有溫差和濕度的變動,這種溫差的變動,使電子產品所組成的物料和接合點,會互相推拉,電子產品各組合元件的接合,如受不了這些推拉力,就會產生彈性疲勞會變硬而斷裂.因此受損壞而失效.

2. 使用時的環境有某程度的熱沖擊 - 產品在有電操作時和無電不操作時, 可能會有 70 °C 的溫差, 有某些元件可能抵受不了此高溫變動的沖擊, 使元件斷裂, 尤其是大的陶磁電容. 產品必需能夠抵受這類熱沖擊才可靠.
3. 使用時的環境有某程度機械式震動 - 有些產品是有風扇散熱, 風扇的轉動會產生某一程度的震動例如 1.8 - 2 g. 這些震動可能使產品直立元件在基板的接點受長期的搖動, 接點的焊點會變硬, 受損壞而失效.
4. 使用時的環境或運送時有某程度的撞擊 - 產品除了在設計上要考慮這些使用時的機械沖擊, 在運送時的包裝, 使產品得到足夠的保護, 避免這類的機械沖擊而損壞.
5. 使用時的電子產品的正常操作環境溫度 - 產品的操作. 有些是在很熱的環境, 有些是在很冷的環境, 有些是有冷熱的瞬間突變, 如是飛行器, 在低高度時, 操作環境因為不能用風扇散熱, 溫度可高至 85 °C, 但在 3 萬呎高空, 會是 - 54 °C 的環境. 因此產品必需能長期在這 85 °C 和 -54 °C 變動中操

作 (每分鐘變 5 °C 的速率).

6. 使用時的供電環境有某程度的變動 - 供電環境因為市電的變動, 有可能達到 10%, 而產品有可能有多個供電組合, 產品的設計, 必需能在這些環境安全操作.
7. 所使用元件的品牌和控制 - 產品所使用的物料, 是要經詳細的審批合格. 証明可靠, 和有好的控制方法.
8. 產品設計的安全性 - 電子產品的安全性, 在各個環境有不同特性, 有不同的要求, 例如有防雷的設計, 有防電磁場沖擊產生的保護設計, 有因為防火儀器的特別的短路保護設計和兩端供電設計, 或有緊急電池供電設計等. 有必要增加安全性,

以上8 點是主要的原因, 影響電子產品的可靠性, 有可能還有別的. 要根據實際情況.

高可靠度產品的制造成本問題

- 是否在制造高可靠度產品的成本會高一些呢？
- 答案：跟據作者過去的經驗，可以概括為以下的結論：
- 不是的。任何相同的電子產品的制造，其制造成本是與
- 以下的因素有關。
 1. 電子產品的設計和使用的元件是可以符合經濟，用者的最低功能和美觀要求。也就是最低的材料成本。
 2. 生產制造的方法，必需符合高可靠度的要求。也就是說，制造的方法是要能抵受以上列出的“影響電子產品可靠度的八個因素”，而且要達到”第一次做好”的要求。就是說有“零缺陷“的質量。

從以上兩點，可以判斷高可靠度產品的成本，與普通消費類產品的成本，分別不大，主要是與制造方法的因素有關。

高可靠度電子產品之制造技術

- 作者所寫的 ”高可靠度電子產品之制造技術” 就是敘述和解說在制造高可靠度電子產品所要注意和控制的事項. 使產品可在各種變動的環境, 不至於被損壞, 以保持產品的可靠性.
- 電子產品的設計, 一定要符合在各環境下的操作功能, 這不在此書討論的範圍, 但在各種測試是可以找出不完善的地方.
- 電子產品的制造和質量控制 – 本書是從最基礎的制造材料的選擇, 生產的機器選擇, 關鍵程序的結構, 測試的方法和要, 各種元件的處理與可靠度的關係. 和各有關生產程序與可靠性的關係等, 有詳細的說明.

高可靠度制造技術的主要內容(1)

- 本書是作者本人長期從事高可靠度產品的制造, 檢查和測試, 比對高可靠度電子產品的國際參考資料和對產品損壞的研究, 而有系統的, 把重要的資料, 根據制造程序的先後次序, 詳細介紹和解釋.
- 以下是主要的項目:
 1. 焊錫的認識 – **Sn63Pb37**
 2. 無鉛焊錫的認識 – **Sn96.5Ag3Cu.5**
 3. 助焊劑和免洗助焊劑
 4. 焊錫質量的控制
 5. 焊錫染污物的檢查, 和各染污物對產品可靠度的影響
 6. 電路板的質量控制

高可靠度制造技術的主要內容(2)

- 7. 靜電防護的認識, 控制和實施
- 8. 有繞線的小形變壓和電感器的可靠性問題
- 9. 有腳元件的切腳, 成形在電路板上安裝的可靠性問題.
- 10. 各種元件的封裝問題而影響其可靠性的處理

這包括：

各類元件的封裝對濕氣的特性

用高溫錫封裝元件的注意點

用錫焊針腳做端子的多層電容器

電解質電容器的問題

晶震管的焊錫控制問題

高可靠度制造技術的主要內容(3)

有特別功能的小型繼電器元件

蜂鳴器的可靠性問題

喇叭的可靠性問題

11. 電路板的焊錫程序

焊錫程序在國際電子工業上定為“特殊工藝”，所謂“特殊工藝”，表示這種工藝的品質，不能用眼檢查完全而判斷合格和不合格，這種工藝是制造方法是否正確，工具儀器是否適當，操作員是否用正確程序，接合點的表現是否正常符合所訂規格等。操作員，檢查員，工程師和管理員，必需有所需要的訓練。

高可靠度制造技術的主要內容(4)

焊錫程序的訓練, 要包括以下各點 :

12. 手焊錫程序

這包括 (本書附有詳細的焊錫訓練程序和考核方法)

認識靜電防護程序

焊錫各種工具的要求和規格的認識

手焊錫的要點和連結錫點的形成過程的認識

一般的焊錫步驟

好錫點的表現

13. 浸錫爐焊錫

14. 浸錫噴錫爐的焊錫

高可靠度制造技術的主要內容(5)

15. 最好的移除在板上已損壞元件的方法 (不產生电路板的損壞, 這非常重要, 因為在高可靠度產品, 任何电路板的損壞, 不能回復原來的產品質量, 結果是整個產品報廢)
16. 电路板上平貼元件的迴流焊爐的程序和選擇.
 - 免洗助焊劑錫漿的認識和要求
 - 助焊劑的控制與高可靠度產品焊錫的關係.
 - 高可靠度產品的清潔程度要求 (IPC-J-001, 第 8 段) 包括離子清潔度的測試方法, 漏電測試方法, 和用免洗助焊劑生產的監察制度.
 - 迴流焊錫的要求 - 零缺陷, 第一次做好, 達到沒有返工的要求.

高可靠度制造技術的主要內容(6)

17. 高可靠度的波峰焊機的選擇和要求.

免洗助焊劑的選擇和測試.

焊錫的染污物控制.

焊錫的要求 – 高可靠度產品的波峰焊焊錫要達到 “零缺陷” 的要求.

18. 接線端子和線的壓接方法, 和測試的要求.

產品的組裝和焊錫質量的要求

1. 高可靠度產品的組裝和焊錫質量的要求，主要是根據 IPC- J-001, IPC-A-610 和 Mil-Std-2000 的要求，但在製造方法和有某些特殊的要求，要按照本書的要求。因此在有衝突時，是要參考本書，因為本書對某一些衝突，均作詳細研究而訂定其要求。例如 BGA 的焊錫點，在 X 光的檢查下，不應有任何空泡，IPC 允許 25% 焊點空泡，但 IPC 在 2004 年的可靠性測可靠性測試，已證明是不可靠的。這包括 L 形腳或任何焊點。
2. 有些焊錫程序規範，對錫點的質量非常重要，但是不能用眼檢查方法判斷的。例如錫點在冷卻過程中，只能在室溫中自然冷卻，不能用風扇加速冷卻，否則使部份錫點不可靠。又例如錫點要有兩秒的熔錫，否則會造成部份錫點不可靠等。
3. 高可靠度產品要用百分百的檢查方法。或根據 ISO-DIS-21247 文件的零缺陷檢查程序。

高可靠度產品的測試要求 (1)

1. 高可靠度產品在電路板裝元件完成焊錫後, 是需要作 ICT (在電路板上的元件測試), 和功能測試. 有可能產品是用比較小的電路板, 會把很多片小電路板做成一大片例如約 25 cm x 25cm 的電路板, 有可能是10 小片. 這些10 小片的電路板, 可以同時安裝於測試架上, 一次測試 10 片, 每一片電路板, 在產品狀態, 有可能要加上其他元件, 形成最後產品, 可以在電路板測試架上, 加上這些元件, 用探針接上, 模擬最後產品, 作一次性功能測試.
2. 由於這種測試, 是用自動測試系統上進行, 例如 HP 3065 或 HP 3070 測試系統, 可以一次測試完成10片的測試. 非常有效率和精確. 我們要用 ICT, 主要是功能測試, 不能保證元件是好的, 因為功能測試時是不能代表元件在不同環境下的情況. 我們要測試元件有正確的主要性能. 以保證達到產品設計的標準.

高可靠度產品的測試要求 (2)

3. 組裝完成的產品, 通常是需要作最後功能測試, 高壓和接地安全測試.
4. 有些產品會因應操作的環境, 作 -55°C 和 $+85^{\circ}\text{C}$ 的測試.
5. 有些產品是需要百分百全負載 72 小時, 在 45°C 老化測試.
6. 有些產品是需要百分百全負載在 -55°C 2 小時和 85°C 2 小時週期的 72 小時內, 不停操作的老化測試.
7. 高可靠度產品, 除了在最初試明的可靠性測試, 也需要定期抽驗某一數量產品的可靠性測試, 例如每週有 5% 出貨量的產品, 作可靠性測試. 電子產品的可靠性測試主要是根據 IPC-SM-785 的說明做此測試, 但有些測試是要配合實際的應用.
8. 以下是最初用無鉛焊錫程序做的 2000 瓦通訊用的 48VDC 供電器的可靠性測試.

2000w48vdc供電器的可靠性測試(1)

這是本書作者在2004年制造 20台無鉛焊錫產品, 在組裝完和功能測試後. 作以下的可靠性測試. 此測試是根據國際標準 IPC-SM-785, 在本書的第 7.14.3 段有詳細說明.

1. 組裝後的電路板在 HP3065 測試系統, 作 ICT 測試.
2. ICT 測試後, 把電路板組裝成最後產品和作最後功能測試.
3. 作高壓和接地安全測試.
4. 通電和斷電的可靠性測試 - 這是把 6 台產品接上全負載, 有自動儀器, “開動” 6 台儀器 2 小時和”關上” 2 小時的週期共測試了 12 個月. 開動時, 電路板溫度升會至 91°C, 而關上溫度會降至30°C. 儀器上有燈, 指示是否操正常. 測試了12個月沒有損壞, 6台 48vdc 供電器均操作正常.

2000w48vdc供電器的可靠性測試(2)

無鉛產品6只, 通電和斷電的可靠性測試架



2000w48vdc供電器的可靠性測試(3)

5. 震動測試 - 這些產品, 將會裝在一有風扇散熱櫃機, 其產生的震動測出有 1.8 g. 因此我們用 2.3g震力 (1.8g+.5g) 不停測試 30天. 然後作全功能測試. 結果是合格, 沒有損壞.

震機台



2000w48vdc供電器的可靠性測試(4)

6. 冷熱週期測試是由 -10°C 在 30 分鐘升至 90°C 再在 30 分鐘內下降至 -10°C , 再循環, 即 30分鐘要改變 100°C , 每週由冷熱櫃抽出作全功能測試. 由 2005年 10月22日測試至 2007年 6月18日, 我們共測試了10800週期, 在每週的全功能測試均合格, 這相當於 $10800/365 \sim 30$ 年的壽命. 我們客戶要求是最少 20 年不壞. 一週期是相當於一日的壽命. 也是說我們做的無鉛焊錫的產品是十分可靠的.

電腦控制冷熱測試櫃

