

出國報告（出國類別：實習）

高齡機線束系統維護與檢驗訓練

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：林宏洲 / 約聘人員

出國地區：美國 / 西雅圖

出國期間：101年10月7日至10月14日

報告日期：101年12月20日

目 錄

壹、 目的	-----2
貳、 過程	-----3
參、 心得與建議	-----22

壹、目的：

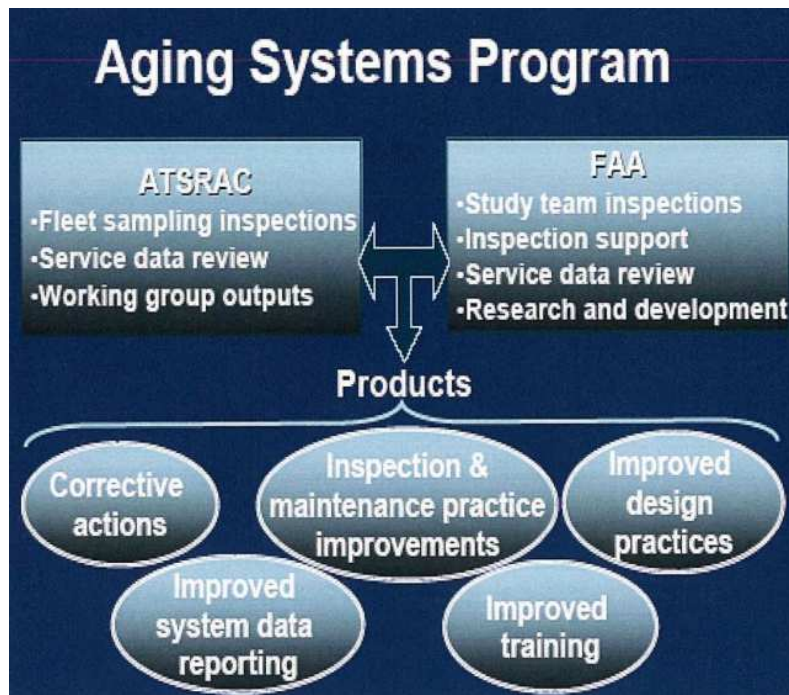
隨著維護計畫之演進與高齡機結構檢查之導入，航空器所服役之年限也隨之延長，伴隨者是高齡機線束系統之老化，因此也突顯出高齡機線束系統維護與檢驗之重要性，為確保本局在執行監理工作時，監理人員備有相關之知識，特派員參加此次波音公司舉辦之高齡機線束系統維護與檢驗訓練課程；本次參訓除了解波音公司在設計航空器線路上之原理外，更重要的是了解航空器長時間在各種環境使用下線路會產生何種缺失，及如何執行檢查、清潔及維修才能確保高齡機線路系統之完整性。

課程中包含講解波音公司在線路上之設計原理，在各種環境使用下線束會產生何種缺失，如何執行檢查、清潔及維修以確保線路系統之持續適航性，了解飛機製造廠商在高齡機維護檢查計畫(線路檢查、維修部份)制訂與檢查工作執行，同時進一步瞭解波音公司之線路標準與特殊作業規範，作為本局相關作業參考外，以提升本局在執行監理工作時具備相關高齡機線束系統維護檢查之知識。

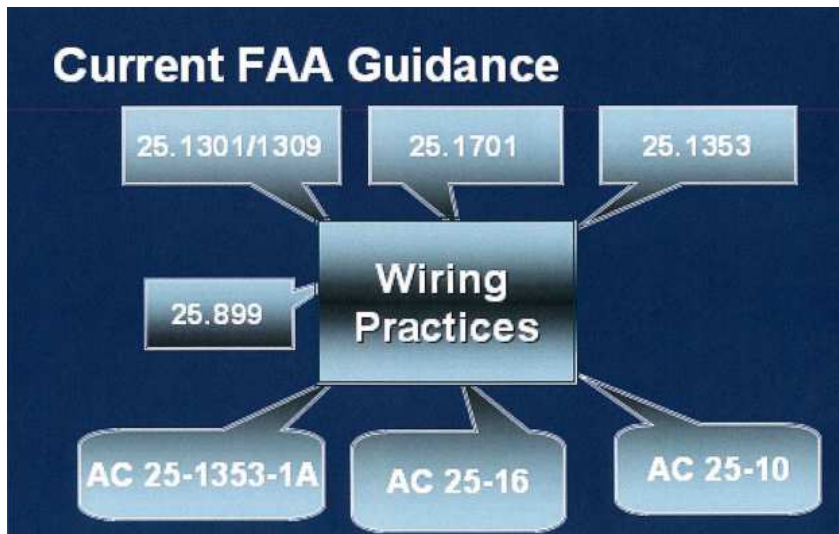
貳、過程：

一、法規需求：

高齡機持續適航（Aging airplane continued airworthiness）之研究除結構安全為首要考量外，另一個重點為研究飛機系統的老化，而系統老化研究當中又以線路系統（Wiring System）為第一優先順序。1998年美國聯邦航空總署（FAA）組成一個工作小組來評估高齡機系統老化之現象，以提出改善目前程序之建議。之後，美國聯邦航空總署、飛機製造廠及航空器使用人成立「高齡機系統法規諮詢小組（The Aging Transport Systems Rulemaking Advisory Committee, 簡稱 ATSRAC）」，特別針對航空器線束（Airplane wiring）進行調查研究。



下列圖示代表目前與 Wiring Practices 相關之 FAA 法規與民航通告(AC) ，



我國民航局於 99 年 3 月轉頒美國 FAA AC 120-94，旨在提供使用人及維修廠發展強化線路相互連結系統訓練計畫之指引，同時於 100 年 5 月轉頒美國 FAA AC 120-102，提供使用人將線路相互連結系統檢查要求納入維護計畫或檢查計畫之指引，以符合持續適航規定。

二、 訓練目的：

使參加訓練人員認識「飛機線束系統」，並能了解線路老化之現象，線束系統之檢查、清潔及修理，及手冊工具之正確使用方法，以提升維護人員對航空器線束系統維護整體之觀念與品質。

三、 訓練方式：

此課程共計五天，以課堂中講解並撥放多媒體簡報方式介紹各單元，配合實物教材示範與受訓人員隨時提出問題討論，使參訓人員更能了解線束系統維護相關之知識。

四、訓練內容：

Module A- General Practices

Module B- Documentation

Module C- Inspection

Module D- Housekeeping

Module E- Wire Repair

Module F- Connectors

Module G- Connector Repair

Module H- Specialized wire systems

五、時空背景：

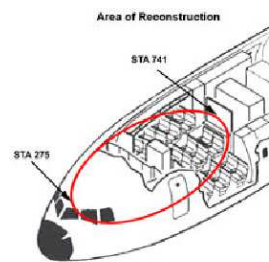
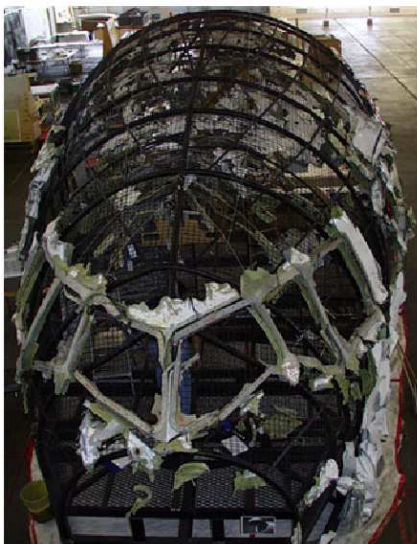
1. 飛機線路系統老化在1996年7月TWA 800空難後，引起美國政府與一般大眾之注意，美國運輸安全委員會(NTSB)已判定可能導致失事的原因為中油箱中之油氣點燃造成爆炸。



但NTSB最後於報告中提出結論，原因是位於中油箱外某個地方線路短路造成過多的電壓透過油量指示系統（FQIS）之線路進入油箱內部並導致產生火花；NTSB於調查中發現數個潛在之不安全狀況於飛機線路中，包括：

- a. 電線絕緣體破裂。
- b. 客艙地板樑附近有金屬屑殘留於油量指示系統（FQIS）線束上。
- c. 其他碎片。
- d. 油量指示系統（FQIS）組件上之硫化物堆積。
- e. 不符合標準線路維修手冊（Standard Wiring Practices Manual, SWPM）之修理。

2. 瑞士航空 Swiss Air Flight 111於加拿大外海失事墜毀，調查結果亦證實該機安裝之客艙娛樂系統線路過載(Overloaded)引起火災，均與電路系統故障有關。這些事件都在提醒航空業界必須注意飛機線路系統。



Swiss Air Flight 111 殘骸組裝



Exhibit 1-12809, 24 AWG Wire
(magnification X19)



Exhibit 1-3796, 16 AWG Wire
(scale in millimetres)



Exhibit 1-14723, from 12 AWG IFEN Power Cable
(magnification X22)



Exhibit 1-3029, from 10 AWG Left Emergency AC Bus Feed
(magnification X10)

Swiss Air Flight 111 電線受損情況

六、線路維修之工作安全：

1. 電路系統之安全教育非常重要，意外的供電或斷電可能造成人員傷亡或裝備之故障，因此確實遵守維修手冊各種警告（Warning）、注意（Caution）事項，因此正確的供電或斷電程序是確保工作環境之安全的首要之務，維修單位更要落實各種警告標示、斷電器夾環安裝及保護蓋之使用。



2. 電對於人體的影響:

電流流經人體時會因電流大小及時間長短對人體造成不同成度的損傷，如會在血液中產生氣泡、損傷神經、肌腱、骨頭、心臟功能等等，最嚴重時會導致死亡。

$$E = I R$$

E = Electromotive Force - Volts

I = Impressed Current - Amps

R = Resistance - Ohms


$$\cancel{E} = \cancel{I} R$$

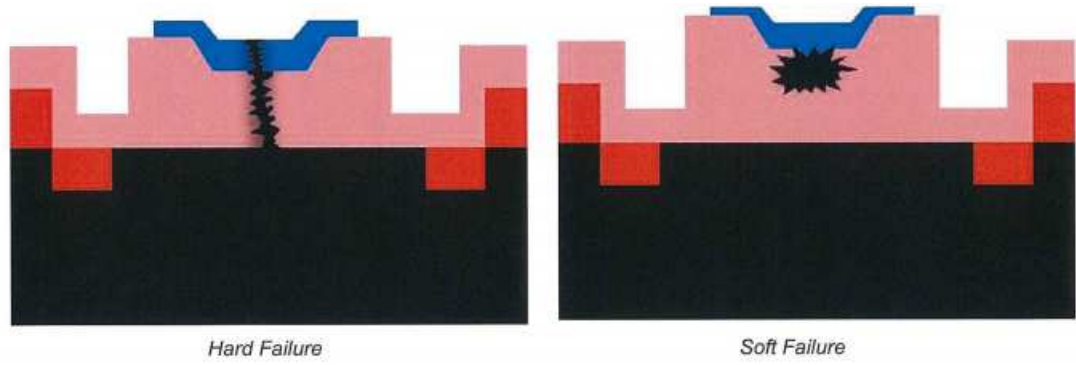
No Voltage = No Current

WARNING:

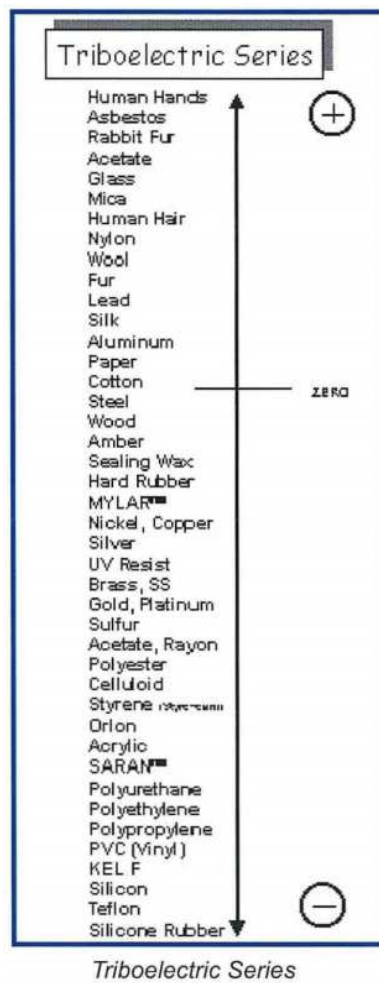
AMPERAGE KILLS!

3. 靜電防護作業(ESDS):

許多電子裝備之暫態故障可能的原因，位於積體電路上之半導體受靜電損傷(如 Soft Failure)所導致，而這類損傷並非肉眼可見或測試裝備或測試機台檢查就可以檢測出來，因此讓飛機維修人員了解靜電及其所引起的損壞，在目前航空器系統電子化增加的驅式下更形的重要。



飛機上有很多電子裝備對靜電非常敏感，當人體中儲存靜電時，此時若人體與飛機上電子裝備接觸，該裝備會因人體中所累積的靜電瞬間釋放到電子裝備而引起內部線路/原件之損壞。不同物質帶靜電的說明如下：



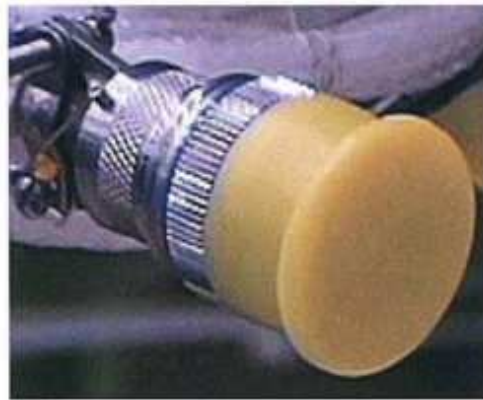
目前規範維修人員於飛機電子艙內更換電子裝備時無需戴上靜電手環，但在機上更換電路版型式之電子裝備時，則需要戴上靜電手環。



所有更換下來之電子裝備需依照維修手冊 (AMM / SWPM)在接頭處 (Connector)蓋上塑膠蓋，同時將電子裝備裝入防靜電袋中。防靜電袋之主要材質為塑膠袋但其外層有金屬塗料材料，使其不會累積靜電(靜電只存在於非導電材料中)，以達防靜電之功效。



ESDS Bag

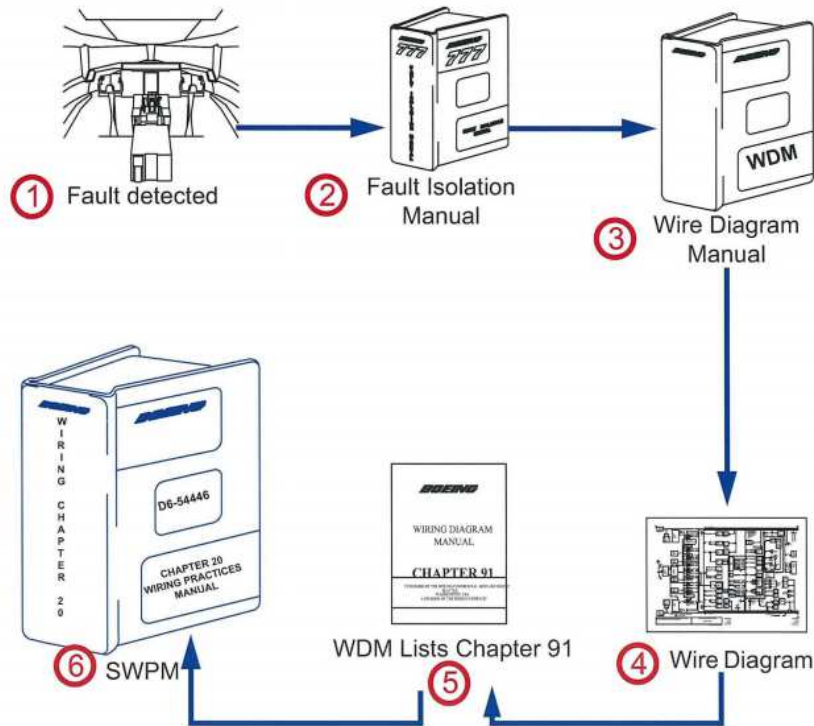


七、線路維修手冊：

波音公司之線路維修所使用到之手冊包括飛機維修手冊(AMM)、件號圖例手冊(IPC)、系統線路圖式手冊(SSM)、飛機線路手冊(WDM)及標準線束維護手冊(SWPM)等。

波音公司所生產之飛機分為 (707, 727 ~ 787) 及麥道系列(包含 717, MD &

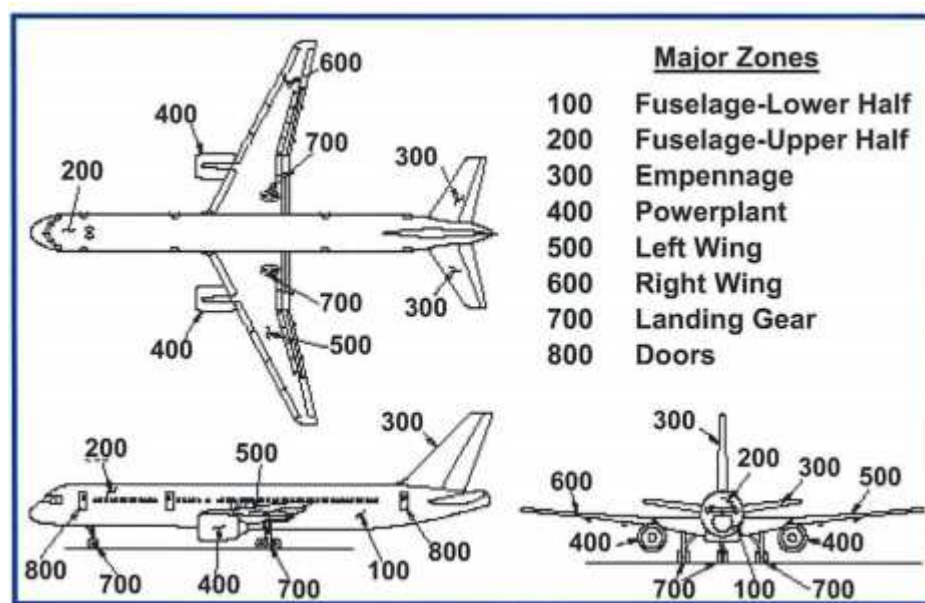
DC)，因此有兩本不同之手冊(SWPM)。維修人員必須依照維修飛機之型號再利用相關正確之手冊(SWPM)來執行修理時所需要使用之工具、材料、標準等。



八、線路檢查：

航空器在使用後電線會因操作環境、振動、污染等有所損壞而會影響飛安，由其老舊航空器的線路更是航空器檢查時之重點。過去飛機線路並不被視為一個系統，而是飛機各系統之輔助組件，因此飛機線路檢查之條件及標準並不為重視。自從 EWIS (Electrical Wiring Interconnection System) 規範被導入後，目前飛機之線束採用區域檢查 (Zonal Inspection)，檢查線路、線束之檢查及其檢查之標準，目前國內航空公司已經實施 EWIS，檢查所規範區域線束，因此必須指派航電/機體專長及接受過 EWIS 訓練之工作人員

進行檢查，清楚線路與檢查之標準，加上目前飛機之飛行控制系統皆採用 FBW (Flight By Wire)，更凸顯提升所有維修人員對線路系統知識提升之重要性。飛機不同區域之線路各有不同之檢查重點，工程人員必須了解各區域線路受損之肇因，並適當於工作單中提示線路檢查重點，例如發動機區域 (Zone 400)，APU 艙 (Zone 300) 是屬於高熱、高震動區域，下機身 (Zone 100) 可能是各種污染較多之區域，機翼 (Zone 500/600) 屬於震動、風蝕、油箱之區域，起落架 (Zone 700) 屬於風蝕，震動較頻繁之區域。



常見之線路系統損傷包括，擦傷 (Abrasion) 導因於不適當之固定及支撐，折損 (Bend) 導因於不適當之彎曲半徑，壓傷 (Pinch) 導因於不適當之裝置束線帶 (Tie Strap) 或線夾 (Clamp)，熱損 (Heat Damage) 導因於高溫管路漏氣或長期於高溫環境下線路老化，接頭腐蝕 (Corrosion) 導因於環境因素或不同金屬間之電位差，液體損傷 (Fluid Damage) 導因於液壓油或其他有腐蝕性液體。



Improper Bend Radius



Heat Damaged Wires



Loose Clamp

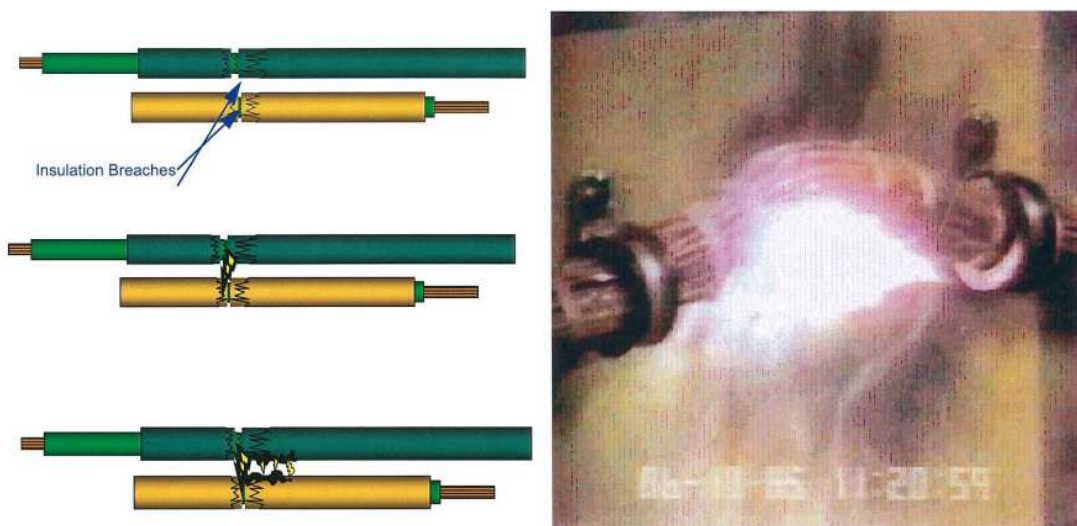


Broken Clamp



Oils on Wires

電弧損傷（Carbon Arcing）導因於絕緣體損傷後產生電弧及絕緣體因高溫產生碳化，碳化絕緣體堆積導致線路短路狀況惡化。線路檢查之標準均規範於標準線束維護手冊(SWPM)中敘述。



九、清潔：

清潔是執行任何檢查之前提，飛機經長時間使用後線路可能到處蓋滿灰塵，油膏、金屬削等污染物，這些污染物將會加速線束老化與變質。

飛機上之污染有內部及外部之分：

內部污染：液壓油、燃油、漆、防腐防銹油等等。

外部污染：除冰劑、清洗劑、水、雨水、冰、灰塵等等。

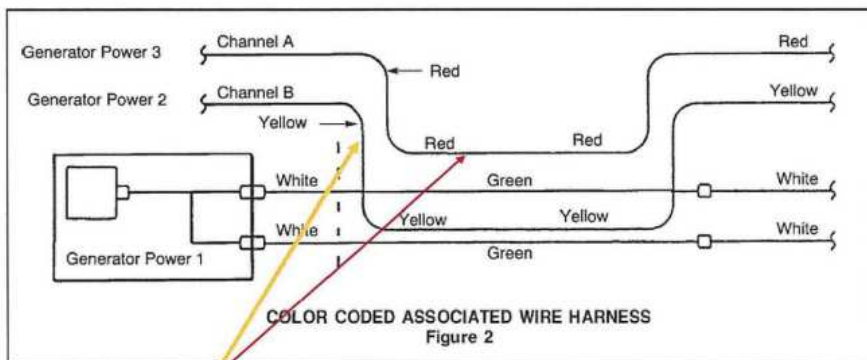


航空器使用應遵守 SWPM 之防護計畫，針對不同的污染源亦有不同之防護措施，例如廁所下方為容易污染之區域，評估那些組件亦受影響，檢查發現污染後如何清潔，保護措施，後續檢查等。下表為波音公司提供一些防護計畫。

		Protection Plan Elements					
		Identification	Initial Cleaning	Protection	Follow-up Cleaning	Protection Removal	Inspection
Maintenance Procedures	Structure Modification or Repair	Identify components and areas at risk to metal shavings and debris from machining	Remove any residue or debris from surfaces and crevices	Mask off bundles, plug holes, lay plastic sheeting where applicable, curtain off work area	Remove metal shavings from plastic sheeting with vacuum	Roll plastic from top to bottom	Verify that all metal shavings have been removed
	Fluid Release Repair	Identify components and areas at risk to fluid spill, fall, or spray	Remove any fluid residue from surfaces and crevices	Mask off bundles, plug holes, lay plastic sheeting where applicable, curtain off work area	Use appropriate cleaning material based on type of spillage	Roll plastic from top to bottom	Verify that all spilled or sprayed fluids have been removed
	Lavatory Fluid Release Repair	Identify components under lavatory that are at risk to spill	Remove any fluid residue from surfaces and crevices	Mask off bundles, plug holes, lay plastic sheeting below lavatory area	Remove any fluid residue using isopropyl alcohol	Roll plastic from top to bottom	Verify that all spilled fluid has been removed
	Structural Corrosion Removal	Identify components and areas at risk to metal shavings and corrosion products from grinding	Remove any residue or debris from surfaces and crevices	Mask off bundles, plug holes, lay plastic sheeting where applicable, curtain off work area	Remove metal shavings and corrosion debris from plastic sheeting with vacuum	Roll plastic from top to bottom	Verify that all debris has been removed
	Power plant	Inspect for any existing leaks, damage, and hot surfaces	Remove any oil from surfaces and crevices	Undo wire bundles and protect exposed connectors if removing LRU	Remove any oil using isopropyl alcohol	Redo wire bundles and reconnect LRU	Verify that all fuel and oil has been removed

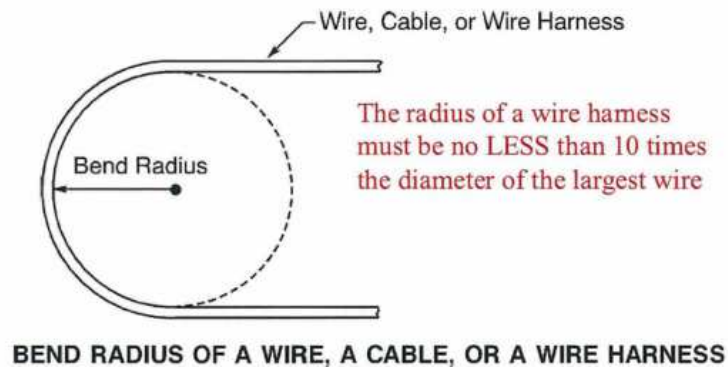
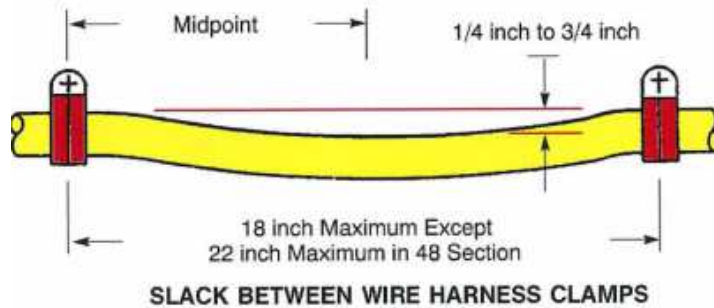
十、線束安裝：

線束安裝有幾個基本原則如下圖，線束安裝必須提供適當之隔離（包括電磁干擾隔離），

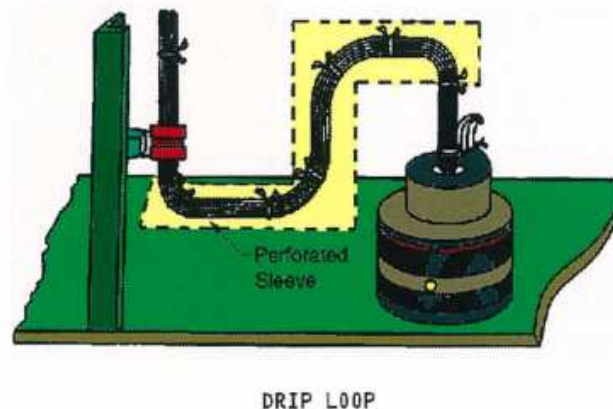


Different Channels
Different Colors

隔離不足時有相關保護措施，有適當之緊度，兩個固定線夾間之線束以兩根手指夾住上下移動不可各超過 0.5 inch，有適當之轉彎半徑，最小轉彎半徑為線束中最粗電線直徑之十倍以上，

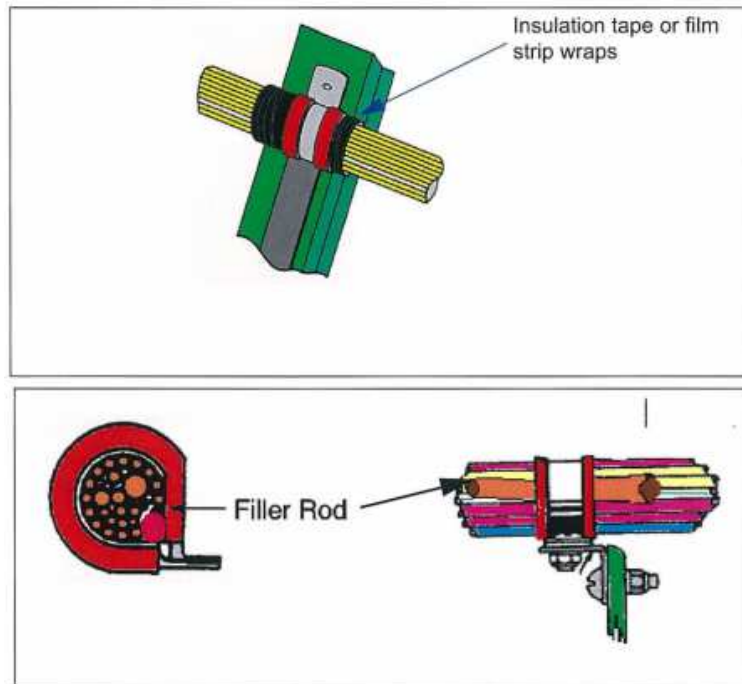


有適當之 Drip Loop 以避免液體進入接頭，

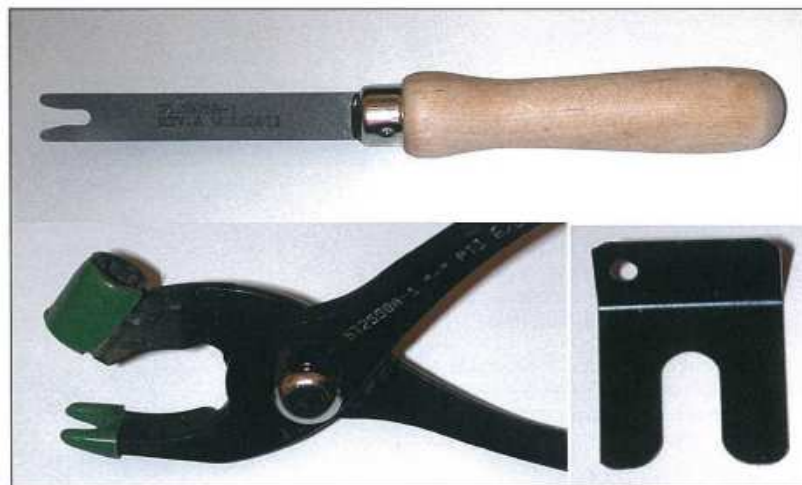


線夾 (Clamp) 之緊度在一般線束上，應在軸方向上拉動時有阻力，但在同軸電纜上則應該可以輕易移動（也就是說不可以夾緊），線夾與線束外徑不

符合時可以使用熱縮管、絕緣膠布、或填充管 (Filler rod)，但應注意填充管不可以使用於油箱內。

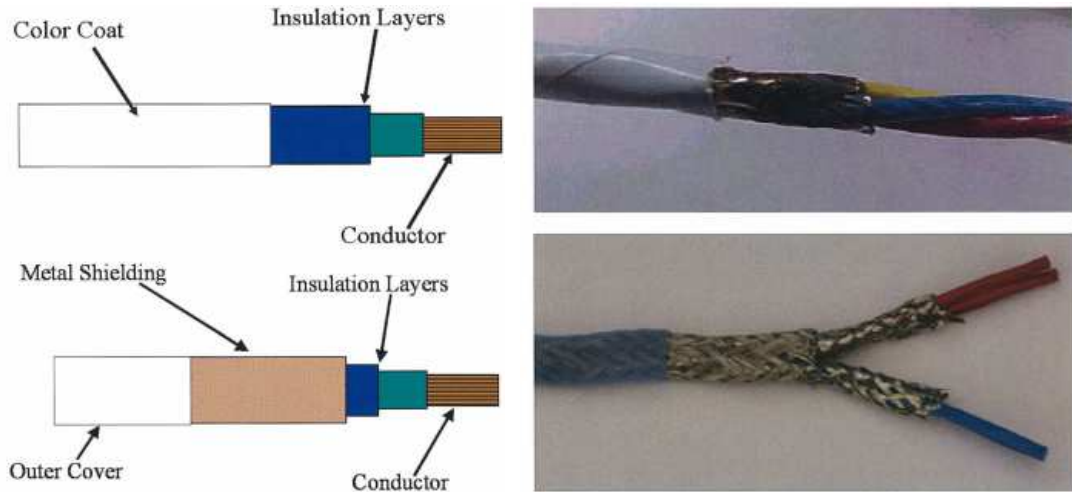


波音公司在課程當中另有介紹特殊工具(P/N: ST2606A-1 、ST2558A-1 以方便安裝線夾。

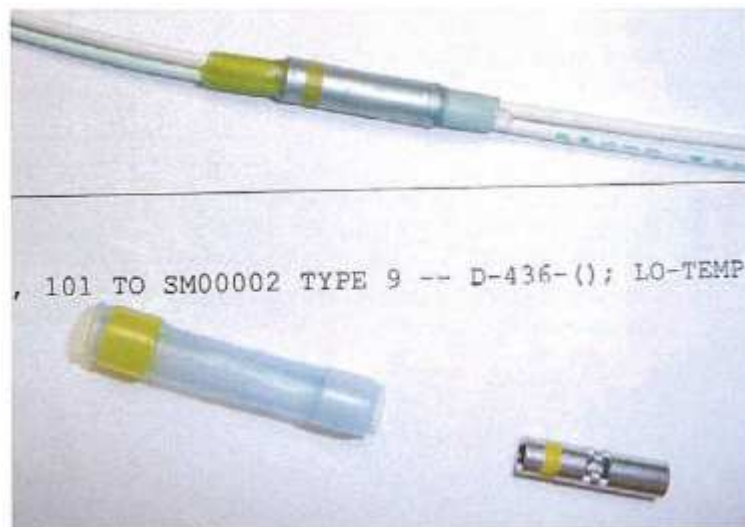


十一、 線束修理：

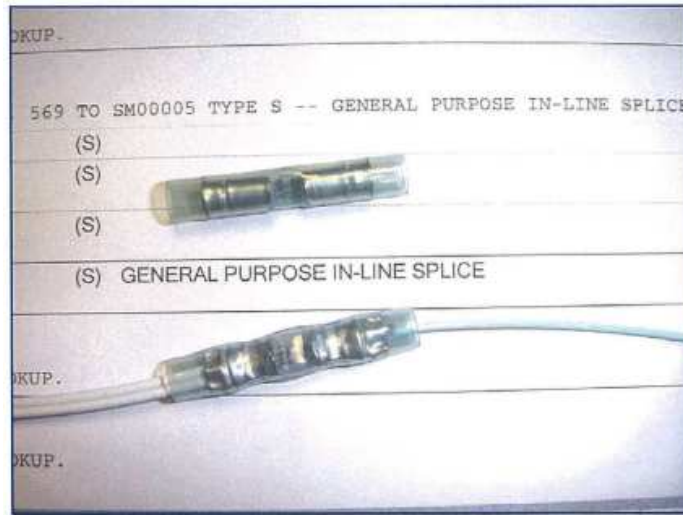
不同區域的線路亦之不同之修理要求，於標準線束維護手冊(SWPM)中有詳細之敘述，如 Signal、Shielded Wire



最近修訂版之標準線路實務手冊規定使用接線管(Splice)修理線路時均要求永久性修理必須使用密封式(environmental sealed)之接線管以避免水氣進入接線管造成腐蝕，



但不包括波音公司於生產線所使用之 Splice 仍有非密封式 (non-environmental sealed) 之接線管。發動機上線束若使用接線管(Splice)修理均為暫時性之修理，永久性修理必須換線。



non-environmental sealed

十二、 搭地及接地 (Bonding & Grounding) :

飛機飛行時可能遭遇閃電，及高強度磁場 (HIRF) 之危險情況。上述情況均可能造成飛機主要系統如發動機電子控制器(EEC)，飛操面嚴重損壞，為保護飛機系統其線束均有適當之隔離網 (shield) 及接地，未確保搭地組件搭地之電阻值符合標準才能確保飛機遭遇雷擊時組件不會損壞，下表為搭地標準值及測量方式：

10 A. Resistance of Ground Stud Bonds

A current return ground must be tested if it is:

- Changed
- Added to
- Temporarily disconnected.

Table 30 specifies the maximum bond resistance of a ground stud and the structure for a new installation or a repair where the faying surfaces are prepared for a bond again.

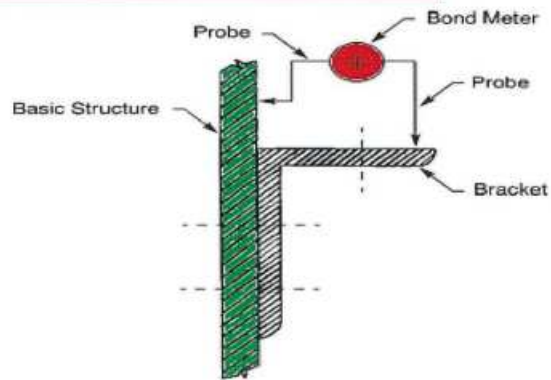
For the bond test of a current return ground, refer to Paragraph 11.E.

**Table 30
MAXIMUM RESISTANCE OF BONDS FOR CURRENT RETURN GROUNDS**

Ground Stud Size	Maximum Resistance (ohm)
10-32	0.001
1/4-18	0.001
5/16-24	0.0007
3/8-24	0.0001
1/2-20	0.0001
BACSS3B	0.0005
MIL-T-83534	0.0005

D. Bond Test for Faying Surfaces

Refer to Paragraph 10.B. for maximum resistance values.



**TEST POINTS FOR A BRACKET TO STRUCTURE BOND
Figure 34**

使用量測工具，目前均採用極為普遍之 Model M1 以取代 Model T477W

Bond Meters for Explosive Areas

**Table 41
PERMITTED BOND RESISTANCE METERS**

Part Number	Supplier
Model M1	BCD Electronics
Model T477W	Avtron

參、心得與建議：

- 一、 飛機維護人員對「飛機線束系統」之知識應普遍提升已為各國民航主管機關及業界普遍之共識，藉由 EWIS 適當之分類專業訓練課程，使各階層航空器從業人員階了解線路老化之現象，線路系統檢查、修理，及手冊工具之正確使用方法，以提升對線路系統維護整體之觀念及品質提升；本局已轉頒民航通告 AC F120-94 中增訂「飛機線路系統」訓練課程，提供航空公司及修理廠參考，以訂定本身之訓練計畫。
- 二、 本次由波音公司於西雅圖所舉辦之「飛機線路系統」訓練課程，不論波音本身派員、世界各國航空公司及維修廠參加的情況非常踴躍，凸顯出航空公司及維護廠重視「飛機線路系統」，確保線路修理均符合適航規定。
- 三、 在本次訓練課程中除了解波音公司在線路上之設計原理，同時了解飛機製造廠商在高齡航空器維護檢查計畫(線路檢查、維修部份)制訂與檢查工作執行，除進一步瞭解波音公司之標準與特殊作業規範，作為本局相關作業參考外，以提升本局在執行監理工作時具備相關高齡機線束系統維護檢查之知識。