



● 裝備構改研究

面對環保議題國軍戰術型車輛 冷氣系統應有之保修作為

提要

黃興泰

- 一、地球正面臨臭氧層破洞及暖化的危機，汽車冷氣系統所使用的冷媒為最主要環境污染源之一，其溫室效應及對臭氧層之破壞所造成的負面危害極為嚴重，若不妥善處理任意讓冷媒逸散至大氣中，將造成全球性環境衝擊，若能徹底執行回收、再生、再利用及測漏的工作，減少冷媒排放至大氣，將對全球臭氧層之破壞及溫室效應等問題有絕對的助益。
- 二、本研究提出建立完善規劃及正確執行冷氣系統保養、查漏、回收、再利用及維修等相關建議及作法，確實執行冷氣系統維修及冷媒回收工作，達到環境保護之目的，避免裝備損壞，以發揮裝備最佳效能，並符合國際環保規範。

關鍵詞：冷媒、臭氧層、溫室效應



壹、緒論

1974年氯已被科學家證實是破壞臭氧層的元兇，並以理論證明人造的氟氯碳化物排放至大氣時，氯自由基會扮演催化劑，反覆地消耗臭氧分子而破壞臭氧層。1987年世界各國迅速簽定「蒙特婁議定書」，全面禁用破壞臭氧層的含氯物質，如氟氯碳化物CFCs(R-12冷媒)，改用氫氟碳化物HFCs(R-134a冷媒)。因此R-134a曾被稱為環保冷媒，然於1997年日本京都召開「氣候變化綱要公約」會議，對R-134a引發溫室效應之危害引起世界各國專家代表的廣泛討論，並對此類氟化物進行管制¹。

冷媒對環境的衝擊確是不容置疑的，要改善冷媒污染氣體排放，必須落實建立正確使用冷媒「回收、再生、再利用」之觀念，徹底執行3R【RECOVER、RECYCLE、REUSE】及正確的測漏措施方能有效控制，立即減少CFCs或HFCs排放至大氣，甚至再生品之使用亦能減低冷媒之產出，對全球臭氧層之破壞及溫室效應等問題有絕對的助益²。

自國際性公約訂立後，各國政府為保障人民健康及環境保護等因素，皆配合公約進行各項環保措施執行與維護，而汽車冷氣系

統所使用的冷媒，如氟氯碳化物(CFCs)、氫氟碳化物(HFCs)等，由於冷氣系統損壞以致冷媒外洩至大氣中，將嚴重破壞地球生態環境，因此皆列為「蒙特婁議定書」與「京都議定書」等國際性公約管制之物質。而國軍戰術型車輛中，M997悍馬救護車及中型戰術輪車，其冷氣系統分別灌充R-12冷媒及R-134a冷媒，二者均屬公約管制物質，故面對此一國際性環保議題，國軍當不能置身事外。因此藉本研究以探討國軍戰術型車輛冷氣系統保修現況並提出應有之保修作為與建議以符國際環保之要求。

本研究因受限於時間、地點及人力之限制，因此，僅以國軍101年M997悍馬救護車冷氣系統損壞數量作為資料收集範圍，透過國內已發表之論文、期刊及網路資源取得相關研究資料，結合部隊現況及個人經驗，分析及檢討現行國軍冷氣系統損壞維修方式，提出改進建議與方法，降低對於環境之衝擊，供國軍未來裝備維修作業發展之參考。

貳、文獻探討

一、國際環保公約³

為維護地球生態環境之保育，在國際環保團體積極推動下，召開環保會議並制定

1 林國偉，〈冷媒與全球暖化〉，《Taiwan watch》，Vol.12,No.4/winter(2010)，p.1°。

2 呂淑珍，〈汽車冷氣空調系統概念〉，臺灣羅賓環科有限公司2012教師研習資料，2012年3月，頁8°。

3 洪寶蓮，〈新替代冷媒技術之未來發展趨勢研究〉(中華大學科技管理研究所碩士論文，民國93年6月)，頁10-11°。

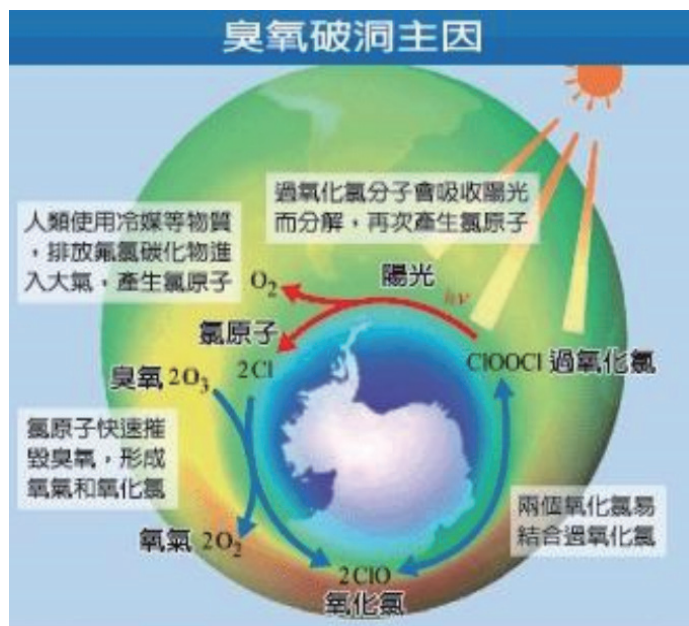


具強制力的國際環保公約，如「蒙特婁議定書」、「京都議定書」等。由於冷氣系統設備中之冷媒，具有破壞臭氧層及溫室效應等作用，在國際環保公約中明訂為管制物質，相關制約概述如下。

(一) 蒙特婁議定書

臭氧層具有吸收太陽光中大部分紫外線之功能，以屏蔽地球表面生物不受紫外線侵害，然若臭氧層耗竭，將危及人體健康與地球生態（如圖一），因此，世界各國於1987年在加拿大蒙特婁召開會議，簽署具有具體管制對象及措施的「蒙特婁管制破壞臭氧層物質議定書」，簡稱蒙特婁議定書，積極規劃破壞臭氧層物質之削減及管制時程。

蒙特婁議定書明令列管之物質包括



圖一 臭氧破洞主因⁴

氟氯碳化合物 (CFCs)、氫氟氯碳化合物 (HCFCs)、海龍 (Halon)、四氯化碳 (CCl₄) 等多種有害物質，其中CFCs (R-12冷媒) 係應用於車輛空調系統中之致冷物質，而蒙特婁議定書計畫於西元1996年完全削減CFCs (R-12冷媒) 之使用量。

(二) 京都議定書

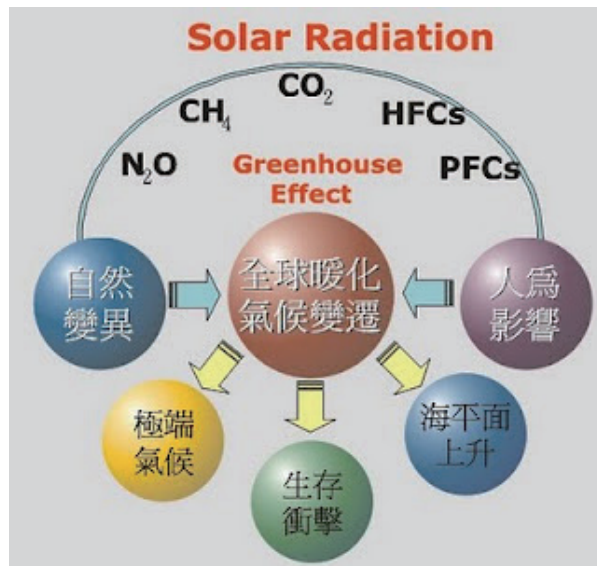
1996年「政府間氣候變化小組」評估報告指出，21世紀全球暖化呈現明顯之趨勢，且可辨認出人為溫室氣體排放對全球氣候之影響，倘若不及時採取任何防治措施，將致使全球氣候系統產生變遷，導致暴雨或乾旱、海平面水位上升造成低窪地區海水倒灌及海流改變形成漁場轉移等衝擊（如圖二）。

因此，世界各國遂於1997年12月在日本京都召開第三次締約國大會，訂定具法律約束力之「京都議定書」，議定書中具體規範二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、全氟碳化合物 (PFCs)、氫氟碳化合物 (HFCs)、及六氟化碳 (SF₆) 等6種溫室氣體總排放量之管制及減量目標。

(三) 冷媒對環境影響

R-12冷媒屬於CFCs之一種，臭氧層破壞係數O.D.P為1.00，溫室效應係數G.W.P為8,500（相當於同重量CO₂之8,500倍），為蒙特婁協議書列管之

4 高雄市政府環境保護局空氣品質鑑測管理中心，〈國際環保問題〉，<http://www.ksaqmc.com.tw/pollutioninfo/PK2.aspx#top>，民國103年10月14日。

圖二 造成全球暖化的原因與結果⁵

冷媒；R-12之替代產品為R-134a屬於HFCs之一種，由於不含氯離子，所以不會對臭氧層造成破壞，臭氧層破壞係數O.D.P為0，溫室效應係數G.W.P為1,300，為京都議定書管制之物質，且目前歐盟已立法通過2011年開始汽車冷氣禁用G.W.P大於150的冷媒（如表一）。

二、車輛冷氣系統介紹⁶

為使車輛室內溫度降低，壓縮機將冷媒壓縮成高壓高溫氣態，然後進入冷凝器，因空氣對流效果並藉由冷凝器鰭片及輔助風扇帶走冷媒所含的熱量，

成為高壓中溫液態冷媒，再流入乾燥瓶，乾燥瓶內含有乾燥劑及微濾網（不織布），吸收水份並過濾冷媒中雜質或異物，接著進入膨脹閥，冷媒流過膨脹閥後壓力降低變成低壓低溫液態，再進入蒸發器吸收車內熱空氣，使冷媒吸熱後蒸發汽化，藉由鼓風機吹過蒸發器吹出冷風使車室內溫度降低，汽化後的低壓低溫氣態冷媒再度由壓縮機吸入完成循環。冷媒在系統內按照一定的程序，重複往返的蒸發和凝結而達成熱的搬運任務（如圖三）。

（一）冷氣系統元件功能

1. 壓縮機

壓縮機在冷氣循環系統中之重要性，猶

表一 冷媒相關環保影響指數

冷媒別	R-12	R-134a
種類	CFCs (氟氯碳化合物)	HFCs (氫氟碳化合物)
在大氣中殘留年	130	14
O.D.P	1.0	0
G.W.P	8,500	1,300
燃燒性	NO	NO
O.D.P為臭氧層破壞係數 G.W.P為溫室效應係數（目前歐盟規定須小於150） （資料來源：本研究整理）		

5 臺灣國家公園，〈全球暖化〉，http://np.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=947&Itemid=33，民國103年10月14日。

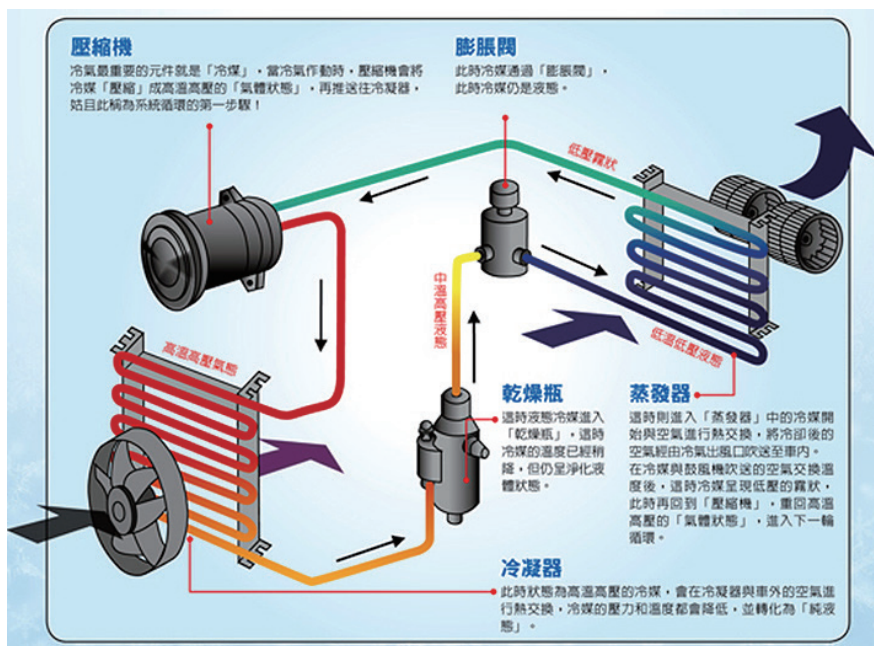
6 黃旺根，《汽車空調(全)》(新北市：台科大圖書股份有限公司，西元2009年元月)，頁40-48。

如心臟對於人之重要性一樣。壓縮機安裝於引擎旁邊，利用引擎的動力來驅動，當運轉時能使蒸發器的壓力降低，促使蒸發器內的冷媒汽化，壓縮機吸入已汽化之低壓低溫氣態冷媒並轉變成高壓高溫氣態冷媒，讓此高壓高溫氣態冷媒能在冷凝器中將熱量排放至大氣。在運轉過程中，其實際溫度、壓力的大小，視壓縮機運轉及周圍空氣溫度之高低而定。壓縮機功用有三：

- (1) 使蒸發器產生低壓，讓冷媒容易蒸發。
- (2) 將吸收熱的冷媒加壓至冷凝器後將熱排放至大氣中。
- (3) 維持冷氣系統不斷地循環，使冷媒在系統中能發揮吸熱、放熱的功用，以達到製冷的效果。

2. 冷凝器

冷凝器是將壓縮機送來的高壓高溫氣態冷媒冷卻，使其液化成為液態冷媒，讓冷媒的熱量發散於大氣中。經由冷凝器散熱所放



圖三 冷氣系統循環圖⁷

出的熱量為冷媒在車內的蒸發器汽化時所吸收的潛熱與壓縮機將低壓低溫氣態冷媒壓縮成高壓高溫氣態冷媒的顯熱之和。也就是說冷凝器的散熱效果愈強，則蒸發器冷房能力也愈佳。冷凝器位於水箱前方，目的在於迎風時藉由輔助風扇抽（送）風，迅速將熱源帶走；冷凝器必須保持乾淨，使空氣對流效果良好，提升冷氣的效率並降低壓縮機負荷。

3. 儲液/乾燥瓶

儲液/乾燥瓶在冷氣系統中兼具有暫時儲存冷媒、過濾、除濕及氣態與液態冷媒分離的功能。當汽車冷氣系統作用時，冷媒在

⁷ TW MOTOR GROUP,〈夏季炎熱備戰 你的冷氣保養了沒?〉, http://www.twmotor.com.tw/special_1.php?id=1182, 民國103年10月14日。



系統內的需要量依熱負荷的需要或壓縮機轉速的快慢而變化，所以如能事先在膨脹閥前儲存少許冷媒，則系統內冷媒量雖有急速變化仍不會產生過多或不足的現象。

4.膨脹閥

膨脹閥裝置於蒸發器入口處，具有減低冷媒之壓力，且調節冷媒流入蒸發器之流速率。膨脹閥依照蒸發器出口端冷媒壓力及冷媒溫度等2項參數而產生相對的動作，改變通道口之大小即會決定流入蒸發器量。當膨脹閥阻塞或作動不良將無法控制冷媒流入蒸發器的流量，會造成結冰形成不冷等現象；膨脹閥亦能確保冷媒完全汽化才能進入壓縮機以防止壓縮機，因為吸入液態冷媒而損壞。

5.蒸發器

當液態冷媒蒸發成為氣態冷媒時，需要大量的熱，蒸發器就是利用此原理將膨脹閥送來低溫的液態冷媒在低壓下吸收周圍空氣的熱量而蒸發，使車室內的溫度降低，濕度減少，以達到冷房的效果。

(二)冷媒的特性

所謂冷媒，是汽車冷氣系統中所用的一種能產生「冷」或移去熱量的流體物質。使用最多的冷媒為CFCs-12，簡稱R-12，或是HFCs-134簡稱為R134a，當冷媒的形態改變時，含

熱量隨之改變，故必發生熱能的傳遞，在蒸發器中吸收車室內的熱量，由液體蒸發成氣體；在冷凝器中，又由氣體冷凝成液體，放出熱量。因此把熱量從低溫的車室內移到高溫的室外，而達成製冷的作用。故冷媒可謂「冷」的媒介物，在冷氣循環系統裡，僅作氣體、液體間相態之物理變化，並無化學變化。

(三)冷凍油之功用

冷凍油又稱為冷凍潤滑油，使用在R-12系統的是礦物油，R-134a系統採用聚烷基乙醇油，其主要功用是潤滑壓縮機內之機件，以減少活動機件之損壞，並將因運動磨擦所產生的熱量帶走，且能降低噪音，促進壓縮機工作效率，延長壓縮機之壽命⁸。

冷凍油不足將使壓縮機潤滑不良造成機件磨損，冷凍油過量則會讓冷凝器無法將冷媒的熱量全部排至大氣中，造成降低系統冷卻效能⁹。使用冷凍油時應注意下列事項：

- 1.冷凍油容器應隨時保持密封，以防止油料吸收大氣中水分。礦物油可以吸收約其重量0.005%的水分，聚烷基乙醇油則是極易吸濕的，可以吸收約2%至6%的水氣。若吸收太多水分，將使膨脹閥凍結亦會產生酸性物質破壞冷氣系統管路。
- 2.冷氣系統經過長期的運轉，因機件及管

8 同註6，頁50。

9 林建順，〈純冷媒R-134A及冷媒與潤滑油混合流體於小管內之性能比較〉(國立中央大學機械工程研究所碩士論文，民國90年7月)，頁15。



路的磨損與老化，會有些許的金屬表面剝落，這些雜質均會影響到冷凍油的品質，所以使用過之冷凍油，絕不能再繼續使用，避免損壞冷氣系統元件¹⁰。

三、冷媒充填設備

R-12與R-134a冷媒特性不同，彼此互不相容，兩種冷媒混用會產生較高的系統壓力並增加系統的腐蝕與退化，因此要避免混用，必須使用不同的充填設備。所有充填設備必須為R-12或R-134a獨立專用，不能同時使用於不同種類的冷媒，以防止交互污染¹¹。

當車輛冷氣系統管路完成安裝或檢修，並完成抽真空作業後需實施冷媒充填，充填量必須依照各車型技令所規範，冷媒充填設備介紹如後：

(一) R-134a冷媒全功能處理機

車輛維修冷氣系統的時機主要是因壓縮機、蒸發器、乾燥器、膨脹閥及冷凝器等相關元件損壞或引擎總成拆卸時，依R-134a冷媒回收機操作程序，先將冷媒抽出進行零件維修後，再充填至汽車冷氣系統中。目前所使用之R-134a冷媒回收機除能符合環保法令外，並將回收冷媒進行再純化程序，不須再添加新的冷媒，大幅降低冷媒的使用量。冷媒全功能處理機效用如下：

1.冷媒回收/再生

在拆卸或更換冷氣系統迴路中的任何管路前，都必須執行冷媒回收步驟。並利用冷媒回收機回收，以防止冷媒洩漏至大氣中，增加溫室氣體產生。冷媒回收是將冷氣系統中所有的R-134a冷媒收集，以液態的形式存於容器中。

依美國汽車工程學會冷媒潔淨標準(SAE-J1991、J2099及ARI700-88)。冷媒再生是把回收的R-134a冷媒中的溼氣、油與不凝結氣體移除，以符合新冷媒標準：水分含量15ppm、潤滑油含量應低於4,000ppm的及空氣含量低於330ppm，再生過的冷媒純度須達98%以上¹²。

2.冷氣系統抽真空及測漏

當車輛冷氣系統管路完成安裝或檢修後，須以冷媒回收機實施抽真空作業，將冷氣系統內空氣完全清除，讓水氣蒸發使冷媒管路內呈現真空狀態，並可依保修人員需求選擇是否實施10分鐘洩漏測試，搭配壓力錶監控冷氣管路負壓力是否上升，以確定冷氣管路系統有無洩漏狀態。

3.靜態定量充填冷媒

依據各車型技術書刊冷氣系統冷媒充填量實施。高壓中溫液態冷媒必須持續進入膨脹閥，才能膨脹變成低壓低溫的液態冷媒，在蒸發器內吸熱變成低壓低溫的氣態冷媒（壓

10 Tom Birch原著，朱大江、莊培仰編譯《汽車空調第三版》(全華圖書，西元2006年9月)，頁6-26。

11 同註10，頁10-7。

12 同註10，頁13-6。



力與溫度比低壓低溫的液態冷媒高)，但引擎的轉速變化量大，必須預留可壓縮空間，避免因為充填量過多而造成壓縮機損壞。

4. 充填冷凍油

當冷媒回收機，回收完冷媒後，也會將車輛冷氣系統內使用過之冷凍油回收到廢油壺，透過冷凍油油量及油質觀察，以提供維修人員辨識車輛冷氣系統壓縮機有無損壞；冷媒回收機有補充冷凍油計量功能，可依車型充填新的冷凍油至冷氣系統內，以確保冷氣系統壓縮機使用壽命。已回收後之冷凍油不可重複使用¹³。

(二) R-12冷媒充填機

為利M997悍馬救護車空調系統冷媒灌注作業，維護裝備妥善，本軍於99年12月採購撥補「R-12冷媒填充機」予各聯保廠使用，其主要功能有「冷媒定量填充、冷氣系統抽真空及加壓激磅測漏等3項」，內部包含有壓力錶組、真空泵及供應充填用的冷媒，但無法

實施回收/再生冷媒，冷媒充填及冷氣系統抽真空等2項功能，與R-134a處理機類似，而加壓激磅測漏是將冷氣系統內冷媒洩放完後，將高壓空氣或氮氣注入系統管路內，再檢查各元件及管路是否洩漏。

參、國軍戰術型車輛冷氣系統 保修作業現況

一、M997悍馬救護車保修作業

目前M997悍馬救護車冷氣系統使用R-12冷媒，保修作業方式採軍維，保修人員使用歧管量規組、真空邦浦、冷媒補充瓶等實施冷氣系統檢修，因保修人員對於冷氣系統維修較為陌生，以致無法落實冷氣系統定期保養及測漏檢查。國防部於101年10月17日「國軍車輛修護管制第五次會議」，要求各地區聯保廠實施M997悍馬救護車裝備檢整，並統計各軍種冷氣系統損壞情形（如表二）。

表二 國軍101年度M997悍馬救護車冷氣系統損壞數量統計表¹⁴

軍種	數量	支援聯保廠
陸軍	39	高雄聯保廠
海軍	23	高雄聯保廠、龍潭聯保廠
聯勤	35	高雄聯保廠、龍潭聯保廠、豐原聯保廠、金門聯保廠、南竿聯保廠
後備	7	豐原聯保廠
合計	104	

13 〈臺灣羅賓有限公司〉，<http://www.robin123.com.tw/>，西元2013年6月20日。

14 悍馬救護車裝備檢整電話紀錄(國防部聯合後勤司令部)，民國101年10月17日。



此表僅統計裝備損壞數量，無法得知其損壞真正原因，由此更顯示出保修人員對車輛冷氣系統維修專業知識的不足，且現行保修作業並無R-12冷媒回收設備，在實施冷氣系統檢修時，均直接將系統內剩餘冷媒排放至大氣中，且因冷媒充填程序複雜易造成作業人員失誤，導致冷氣系統或冷媒充填工具損壞而造成冷媒外洩等現象發生。現況分析如下(如表三)：

(一) R-12冷媒充填機，因只能實施冷媒充填、系統抽真空及加壓激磅測漏，但無法回收/再生冷媒，以致維修作業時將系統剩餘冷媒直接排放至大氣中，造成環境的破壞。

(二) 未落實保養檢查、冷氣系統測漏及壓力檢測，經常性因冷氣不冷而補充冷媒，無法找出冷氣真正損壞原因，而造成冷媒持

續洩漏。

(三) 未建置電子冷媒洩漏儀，無法在平時保養檢查時實施洩漏測試，僅能在冷媒完全洩漏或冷氣不冷時才發現冷氣系統損壞，而冷媒早已洩漏散逸在空氣中。

(四) 無冷氣系統清洗設備，於檢修作業時無法清除冷氣系統中劣化的冷凍油及污濁物，進而導致壓縮機磨損及其他元件損壞。

(五) 國軍未統一採購冷媒及冷凍油，均由各單位自行訪價採購獲得，冷媒品質及純度無一致的標準。且冷氣系統中若混有2種以上的冷媒皆屬汙染，受汙染的冷媒會使冷氣系統內的壓力變高，以致系統遭腐蝕而損壞洩漏。

二、中型戰術輪車保修作業

由於中型戰術輪車冷氣系統維修並不在

表三 M997悍馬救護車冷氣系統保修作業方式分析表

工作項目	作業方式	問題分析
冷媒回收及充填	冷媒直接排放至大氣中	未執行回收、再生、再利用
冷凍油添加	壓縮機加油口	1.空氣容易進入 2.無法正確計量
洩漏測試	真空泵抽真空	僅能在系統內無冷媒的情況下實施
	氮氣加壓	1.僅能在系統內無冷媒的情況下實施 2.壓力過高易造成管路及墊圈洩漏 3.使用高壓氮氣較危險
	空壓機加壓	1.空氣中含水氣 2.洩漏量大才會發現 3.僅能在系統內無冷媒的情況下實施
系統壓力檢測	未納入預防保養實施	無法確保冷氣系統效能
系統管路清洗	空氣槍清潔	1.無法將系統內汙濁物清除乾淨 2.空氣中含水氣
冷媒	由各單位自行訪價採購	冷媒品質及純度無制定之標準
(資料來源：本研究整理)		



軍維修規範中的17項(次)總成項目(如表四)¹⁵，本軍於99年統一採購全新R-134a冷媒全功能處理機，撥發各地區聯保廠使用，以提供中型戰術輪車在引擎總成拆裝更換作業時，必須拆除冷氣系統所使用；但目前中型戰術輪車還在保固期間，冷氣系統維修均由地區的協力維修商執行，然而在維修過程中，國軍保修人員對於維修程序不了解，以致未能

從中有效監督。現況分析如下：

(一)由100-101年度「中型戰術輪車」冷氣系統更換維修料件統計表(如表五)¹⁶，可知冷媒充填為冷氣系統高維修項目，但仍未查明故障真正原因，雖然補充冷媒有治標的效果，惟將冷媒洩漏的問題點排除，才是治本的處理方式。

(二)R-134a冷媒全功能處理機所使用

之冷媒及冷凍油，各單位未統一採購，均以自行訪價採購獲得，冷媒純度無法辨識。

三、冷氣系統洩漏測試

現行國軍冷氣系統洩漏檢查方式，皆以抽真空或以氮氣加壓配合肥皂水檢查管路是否洩漏，由於氮氣壓力高，使用時危險性較高，若壓力控制不當，將造成管路及墊圈洩漏。此種測漏方式僅於管路洩漏量大時才易於察覺，且無法隨時對冷氣系統實施洩漏測試，總是在冷氣不冷、效能不佳或損壞時才會發覺，此時冷氣系統中之冷媒早已外洩到大氣中。

表四 中型戰術輪車軍維修項目

項次	品名	項次	品名
1	引擎總成	10	前輪軸差速器總成
2	發電機總成	11	前輪軸轉向臂與凸緣總成
3	啟動馬達總成	12	後輪軸差速器總成
4	噴油嘴總成	13	傳動軸前、中、後傳動軸
5	燃油噴射泵總成	14	壓縮空氣與制動系統總泵總成
6	水箱(含水管)總成	15	壓縮空氣與制動系統分泵總成
7	皮帶與風扇總成	16	動力轉向機總成
8	自動變速箱總成	17	中央充氣系統電控器及管線
9	加力箱總成		

表五 100-101年度「中型戰術輪車」冷氣系統更換維修料件統計表

項次	品名	數量
1	壓縮機	2
2	冷氣皮帶張力器	2
3	冷氣乾燥瓶	1
4	冷氣壓縮機皮帶	4
5	空調進氣過濾芯子(粉塵過濾芯子)	2
6	高低壓管	3
7	高低壓管-總成、次總成件	2
8	冷媒(每1公斤/元)	48

15 中型戰術輪車維修作業巡迴講習資料(國防部聯合後勤司令部)，民國97年6月，頁14。

16 101年度「中型戰術輪車」高故障及裝備失效模式分析報告(國防部聯合後勤司令部)，民國101年7月19日，頁16。



肆、冷氣系統保修應有之作法與建議

一、定期預防保養及檢查

預防保養之目的為故障發生前，先找出潛在可能發生的問題，現今保修人員的觀念普遍存在冷氣系統作用不良或損壞時才進行維修，其實在車輛冷氣系統故障前是可以預防的，加強保修人員冷氣系統保養觀念建立，以防止冷氣系統因酸性物質的累積導致腐蝕，造成零件破損冷媒外洩，增加環境中溫室氣體量。以下提出定期預防保養作法與建議（如圖四）：

（一）冷凝器清洗

冷凝器因置於車輛前方受迎風面影響，砂石、樹葉、灰塵、昆蟲屍體等都會附著在冷凝器表面，異物一旦附著使得輔助風扇無法完全的進行抽（送）風，將降低散熱效率影響冷房表現；可用水管之水源（注）於冷凝器前方進行沖洗，將異物清洗出冷凝器表面，切勿使用高壓清洗機或具有化學成分清洗劑噴灑於表面進行清洗；高壓清洗機由於水注過強會促使冷凝器散熱鰭片變形影響散熱，使用化學藥劑（清洗劑）會造成或加速冷凝器老化腐蝕損壞。

（二）冷氣系統管路清洗、乾燥瓶及冷凍油更換

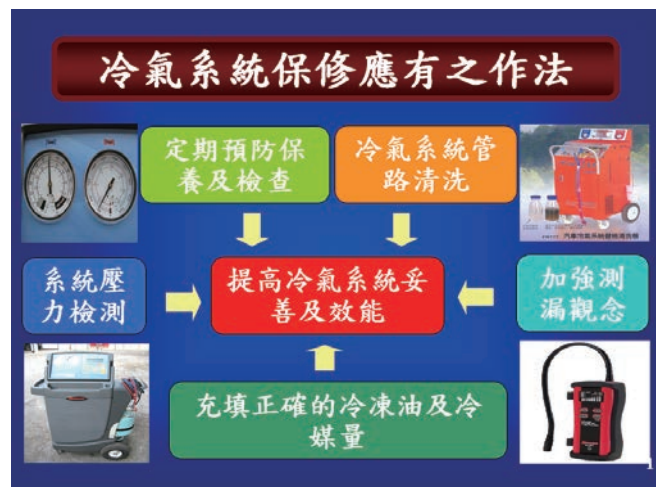
R-12冷媒系統所使用冷凍油為礦物油，可以吸收約其重量0.005%的水分，而R-134a冷媒系統使用冷凍油是合成油（聚

烷基乙醇油）則極易吸濕的，可以吸收約2至6%的水氣。若吸收太多水分，會產生酸與酒精。將造成冷氣管路零件腐蝕與壓縮機潤滑不良的問題。

當壓縮機損壞時必須實施冷氣系統清洗，可藉由沖洗器適時將劣化的冷凍油及污濁物洗出，並重新添加適量的冷凍油同時更換乾燥瓶，俾使冷凝器散熱效率提升及降低壓縮機負荷。由於沖洗時必須將冷氣系統各元件拆除，並對冷凝器、蒸發器及管路沖洗，程序複雜且較耗作業工時，可購置冷氣系統清洗機實施管路清洗作業，並於冷氣系統檢修或定期每2年實施1次冷氣系統清洗，並更換乾燥瓶及冷凍油以提升冷氣系統效能。

（三）壓力檢測

依據冷氣系統管路高、低側壓力值，僅能初步判斷壓縮機運轉效率、冷凝器散熱效率、蒸發器吸熱效率及管路冷媒流量是否正常。建議於每半年配合裝備預防保養時實施



圖四 冷氣系統保修應有之作法（資料來源：本研究整理）



冷氣系統壓力檢查(如表六及表七)，以確保冷氣系統效能。

(四) 納入預防保養檢查項目

為強化操作及保養人員正確觀念，建議將冷氣系統檢查納入二級廠裝備預防保養檢查項目(如表八)，按程序、步驟、要領實施，

表六 M997悍馬救護車冷氣系統壓力測試表¹⁷

相對溼度 (%)	環境溫度 (°C)	引擎轉速 (RPM)	出風口溫度 (°C)	低壓端冷媒壓力 (PSI±5)	高壓端冷媒壓力 (PSI±25)
30	21	1,500	6	13	181
	26		6	18	208
	32		7	24	234
	37		9	28	267
40	21	1,500	6	14	185
	26		7	20	220
	32		8	26	243
	37		9	30	278
50	21	1,500	7	14	189
	26		8	22	226
	32		10	26	251
	37		11	30	289
60	21	1,500	7	16	193
	26		10	24	233
	32		11	28	259
	37		12	32	300
70	21	1,500	8	18	198
	26		10	24	238
	32		12	30	267
	37		14	32	312
80	21	1,500	10	22	202
	26		13	26	244
	32		16	32	277

表七 中型戰術輪車冷氣系統壓力測試表¹⁸

環境溫度 (°C)	相對溼度 (%)	引擎轉速 (RPM)	出風口溫度 (°C)	高壓端冷媒壓力 (PSI)	低壓端冷媒壓力 (PSI)	壓縮機運轉
21.1	30-50	1,500	7.2-10.5	126-146	27-32	是
21.1	70-90	1,500	7.2-14.4	133-153	31-36	是
26.7	30-50	1,500	7.8-13.3	146-166	26-31	是
26.7	70-90	1,500	6.7-12.2	153-173	32-37	是
32.2	30-50	1,500	7.2-11.7	175-195	32-37	是
32.2	70	1,500	13.9-16.7	189-209	39-44	是
37.8	30-50	1,500	12.2-15.6	209-229	38-43	是
37.8	70	1,500	19.4-22.2	232-252	47-52	是

17 惠弘毅譯，《TM9-2320-280-34，M998系列4X4，1-1/4噸，輪型車輛野戰保修手冊》(桃園：陸軍後勤司令部，民國88年6月)，頁36-37。

18 HEAT VENTILATION AIR CONDITIONING(HVAC),Thermostatic Expansion Valve(TXV) System,March 2007 and Later,S16034,p.32。



俾於故障發生前，先找出潛在可能發生之問題。

二、建置冷媒測漏設備

冷氣系統為一封閉的系統，系統採用耐高壓、高溫材料，具有良好的密封性，不易使冷媒洩漏。但汽車在行駛中會使冷氣設備受到震動，而使管路鬆動，造成洩漏的現象。當

車輛冷氣已有不冷的狀態，必須直接進行冷媒測漏，雖然補充冷媒有治標的效果，惟將冷媒洩漏的問題點排除，才是治本的處理方式，定期補充冷媒並不是確實的處理程序。

冷媒測漏方式有正壓及負壓測漏2類，使用之設備如氮氣加壓、紅外線電子測漏儀等6種…各有其優缺點及成本效益，分析如表九。

表八 冷氣系統檢查表

目視檢查-引擎室				
項次	檢查項目	檢查程序	檢查結果	檢查週期
1	管路及接頭（高、低壓管）	檢查外表有無退化、油汙（有油漬表示有洩漏） 檢查有無不正常的橡膠退化、零件短缺或管路鬆脫、彎曲或折疊		每月
2	壓縮機	檢查外部是否損壞或遺失螺栓/零件、外殼破裂、油封洩漏產生油汙，轉動壓縮機2圈，判斷是否有卡住或咬死		每月
3	維修孔	檢查維修孔保護蓋是否遺失、螺牙是否損壞、密封閥是否洩漏		每月
4	冷凝器	檢查散熱鰭片是否損壞、異物阻塞或油污		每月
5	儲液筒/氣液分離器	檢查本體有無損壞、零件接頭鬆脫或有油污		每月
6	驅動皮帶、皮帶盤及張力器	檢查皮帶盤及張力器有無損壞或遺失，皮帶是否龜裂及過度磨損		每月
7	空氣濾網	檢查空氣濾網是否損壞、異物阻塞或油污		每月
目視檢查-駕駛室				
1	出風導向、感知器控制旋鈕及鋼索	檢查出風口風向及氣流是否正常		每日
2	控制面板	檢查鼓風機各段轉速及控制面板各功能是否正常		每日
洩漏檢查-引擎室（注意：檢查期間引擎必須熄火）				
1	洩漏檢查	使用紅外線電子洩漏器以每秒1英吋（2.5公分）的速率沿著管路移動檢查		每季
系統測試評估-使用複合式表組及溫濕度計檢查（每半年）				
高壓端壓力： 低壓端壓力：				
出風口溫度： 車室內溫度： 外界溫度：				
綜合檢查結果：				
（資料來源：本研究整理）				



其中紅外線電子洩漏儀，此種測漏器普遍較為昂貴，但非常精準而且使用上沒有安全顧慮，可同時偵測R-12與R-134a冷媒，便於提供二級廠及野戰保修單位在裝備定期保養及裝備檢驗時使用；由於精準度高可偵測年漏量3g冷媒洩漏，節省查漏工時提升修護能量，亦可預防冷媒外洩造成環境污染。故建議購置紅外線電子洩漏儀，以有效預防冷媒洩漏並符合環境保護之要求。

三、充填正確的冷凍油及冷媒量

在冷氣系統中冷凍油的正確數量對於系統運作是極重要的，當冷氣系統運轉時，冷凍油流動至冷氣系統各元件。若冷凍油不足使壓縮機潤滑不良造成機件磨損。冷凍油過量則會讓冷凝器無法將冷媒的熱量全部排至大氣中，造成降低系統冷卻效能。目前國軍戰術型車輛技令規範說明如后。

(一) M997悍馬救護車

表九 測漏設備優缺點及成本效益分析表（計價單位：新臺幣元）

工作項目	設備名稱	優點	缺點	預估金額
負壓測漏	真空泵	設備便宜	僅能在系統內無冷媒的情況下實施 無法於平時保養時檢查 無法檢查洩漏位置	7,000
正壓測漏	氮氣加壓	氮氣為乾燥氣體，系統內不會含有水氣 設備便宜	僅能在系統內無冷媒的情況下實施 氮氣壓力高，操作不慎易造成管路及墊圈洩漏 無法於平時保養時檢查 檢查位置有死角（如蒸發器及其管路）	3,000
	空壓機	設備便宜	空氣中含水氣 洩漏量大才會發現洩漏 僅能在系統內無冷媒的情況下實施 無法於平時保養時檢查 檢查位置有死角（如蒸發器及其管路）	3,000
	紫外線探照燈與螢光劑	利用充填冷媒時加入系統內，操作簡易 可於平時保養時檢查	必須在系統無損壞前加入螢光劑 洩漏量大才會發現洩漏 檢查位置有死角（如蒸發器及其管路）	3,000
	紅外線電子測漏儀	可同時用來偵測R-12與R-134A的冷媒，操作簡易 可於平時保養時檢查 測漏精準度高可偵測年漏量3g冷媒洩漏	設備昂貴	16,800
（資料來源：本研究整理）				



依據技術書刊檢修程序，該裝備未明訂檢修系統各組件時冷凍油所需添加量，僅以壓縮機機油尺檢查冷凍油總容量作為量測標準。

(二) 中型戰術輪車

中型戰術輪車檢修冷氣系統時，依技術書刊規定，修復系統更換組件後冷凍油的添加量，應位在冷媒回收程序期間從系統移除的油量，加上所更換組件的油量（如表十），冷媒充填必須在冷凍油添加後才可實施充填（容量為 1.02 ± 0.05 公斤）。

四、冷氣系統維修設備建置

在這個日新月異的科技時代，軍用車輛已漸漸電子、電腦化，維修汽車冷氣不單只靠人力，電腦設備（儀器）更是重要。未來的軍用車輛都會有冷氣空調系統，而目前僅有R-134a冷媒全功能處理機及R-12冷媒充填機

外，尚無完整的維修設備及耗材，故當前應建置冷氣系統教學器材及維修設備，以提升軍方保修人員技術，節省商維成本，並培訓更多冷氣系統保修人員，以因應將來裝備之維護，相關冷氣系統維修及設備建置如表十一所示。

五、培訓冷氣系統保修人員

隨著時代的進步及需求，現在汽車都有冷氣系統設備，而冷氣系統維修在民間保養廠已是一項成熟的技術，修護技工必須接受汽車修護乙級課程訓練，並取得乙級技術士證照始可從事冷氣系統維修工作。

陸軍後勤訓練中心車輛保修授課內容以引擎、傳動、底盤、油電系統為主，目前除了以現有的冷媒回收機實施操作教學外，因缺乏完整的維修設備及耗材，還無法實施冷氣系統完整的教育訓練。在相關冷氣系統維修設備建置後，我們應將冷氣系統檢修納入車輛保修課程，以強化冷氣系統診斷及檢修的技術，另於學員結訓後核發操作合格證書，始可操作冷媒回收與再生裝置。並藉由基地測考鑑定，以提升國軍保修人員檢修能力。

表十 中型戰術輪車冷氣系統添加冷凍油量表¹⁹

更換組件	所需添加的冷凍油量	
	毫升 (cc)	盎司 (oz.)
蒸發器	60	2.0
冷凝器	30	1.0
除液/乾燥瓶	15	0.5
膨脹閥	0	0
軟管（正常長度）	10	0.3
熱敏電阻	0	0
壓縮機	300	10.14

伍、結語及未來精進作法

國軍M977悍馬救護車冷氣系統使用R-12冷媒，而歐盟已立法通過2011年開始汽車冷氣禁用R-12冷媒，建議將R-12研改為R-134a冷

19 同註18，p.117。



表十一 冷氣系統維修設備建置統計表 (計價單位：新臺幣元)

設備名稱	保修層級			
	預估金額	二級保養	三級保修	教學需求
R-12冷媒回收機 (含管路清洗)	120,000		√	√
紅外線電子洩漏儀	16,800	√	√	√
複合式表組	2,800	√	√	√
溫、濕度計	500	√	√	√
護目鏡	100		√	√
耗材名稱				
R-12高純度冷媒	4,500		√	√
R-134a高純度冷媒	3,700		√	√
PAG冷凍油	700		√	√
礦物油	700		√	√
總計金額		20,100	149,800	149,800
(資料來源：本研究整理)				

媒系統之可行性納入爾後系統研改之方向，並將成本、汰換順序及後續保養與修護等做更進一步研討。

國軍保修人員一直未建立冷氣系統測漏及正確的使用冷媒觀念，經常性的因為冷氣不冷而補充冷媒，而忽略了冷氣效能不佳的原因，長期未修復造成冷氣系統及環境受到更大的損害。目前國軍保修部隊依規定設置冷媒回收機，若是建置後而不用、冷媒純度不合規定、未依程序完成檢修、回收等，造成冷氣系統損壞以致冷媒洩漏至大氣中破壞環境，將使國家對於國際環保事務的努力大打折扣。

全球暖化是由於臭氧層破壞以及二氧化碳為主的溫室氣體大量排放至大氣中，所導致的地球溫度上升現象，造成的嚴重氣候變

化、旱災、流行性傳染病以及致命熱浪等等。所以現階段國軍除了建立完善規範之外，應確實執行冷氣系統保養、查漏、回收、再利用及維修工作，讓整個冷媒回收的工作落實，才能避免裝備更大的損壞，以發揮裝備最佳效能。

作者簡介

黃興泰士官長，汽基處技勤預備士官
87年班2期、軍備局技勤士官長正規
班93年班2期，現任陸軍後勤訓練中
心保修組教官。