

# 運用 AHP 評選陸航夜視裝備最適方案之研究

筆者/鄭玉伶

## 提要

本研究主軸為「陸航夜視裝備」最適方案探討，以提供業管單位參考運用，共區分 5 個小節，第 1 節介紹研究背景，闡述夜視裝備功能及對夜戰能力的增益；第 2 節介紹研究動機，說明陸航夜視裝備現況，採購最適宜夜視裝備之重要性；第 3 節介紹研究目的，運用 AHP 層級分析法進行陸航夜視裝備最適化探討，經由德菲法專家問卷評選構面及準則，接著透過 AHP 系統化分析結果，了解夜視裝備最適化之關鍵因素，可提供未來採購方向及輔助決策者時參考運用；第 4 節介紹研究流程，介紹本研究脈絡及各章節主要方向；第 5 節介紹研究限制，說明本研究運用範圍及限制，以提供相關決策者參考運用。

關鍵詞：陸航夜視裝備、夜戰能力、採購、AHP

## 壹、前言

夜視鏡於 50 餘年前，漸應用於軍事用途，對於夜間攻擊及偵查具有戰術價值，演變至今廣泛機型運用，夜視鏡概分為三類，微光夜視鏡、紅外夜視鏡及汽車駕駛夜視鏡，當代科技進步，硬體及軟體架構與性能均有大幅提昇。

### 一、研究背景

自 1970 年代起<sup>1</sup>，夜視鏡漸應用於軍事用途，1989 年巴拿馬戰役及 1993 年沙漠風暴，經由美軍實戰經驗，夜視鏡對於夜間攻擊具有實質上的戰術價值，且自 1991 年波戰爭後，戰爭趨向在夜間發起和進行，究其原因，是夜視技術的發展為戰爭行動提供了夜間作戰的觀察保障，各國對夜戰能力漸開始重視。增強夜視能力成為各國建構戰力重點，夜視鏡操作技術及裝備研究迄今仍蓬勃發展，早期旋翼機飛行員開始運用，後續擴展至定翼機、戰鬥機及相關的戰術機種人員，近年來其應用範圍更擴及空中警察隊、民間醫療機構及搜救單位<sup>2</sup>，夜視鏡可概分為三類，微光夜視鏡、紅外夜視鏡及汽車駕駛夜視鏡，陸軍現行使用夜視影像系統為 AN/AVS-6 系列，屬微光夜視鏡，微光夜視技術又可稱為影像增強技術，裝載影像強化器(光放管)，對夜空光照亮的微弱目標，進行增強，以供觀察的光電成像技術，惟當於無星月光的環境，視野一片漆黑，夜視鏡效果主要取決於光放管效能，而「光放管」屬管制性零附件，其核心技術僅有少數公司(如 ITT Industries)可獨家製造，且受美國出口限制<sup>3</sup>，未釋出相關修能，陸軍無法重製或翻修，影響裝備妥善甚為嚴重，陸航各型機除配備精密航儀電裝備，尤需輔以夜視鏡以提高各型機之夜間作戰能力，夜視鏡能使部隊適應全天候作戰需求，反觀陸軍夜視鏡趨於老化，僅依技術手冊 TM11-5855-263-23&P 第 2-7 節預防保養檢查及勤務表(PMCS)，每 180 天執行夜視鏡定期檢查，並輔以人員操作精進作為，僅能降低人員操作損壞及提升光放管可靠度，惟裝備屆壽及料件獲得不易等情事，為造成夜視鏡妥善率逐年下降之主因，考量台灣戰略聚焦於灘岸決勝<sup>4</sup>，夜間登島為陸軍不可不防的軍事行動，如能有效提升飛行員夜射精準度，可大幅提升防止敵軍進犯可行性。

---

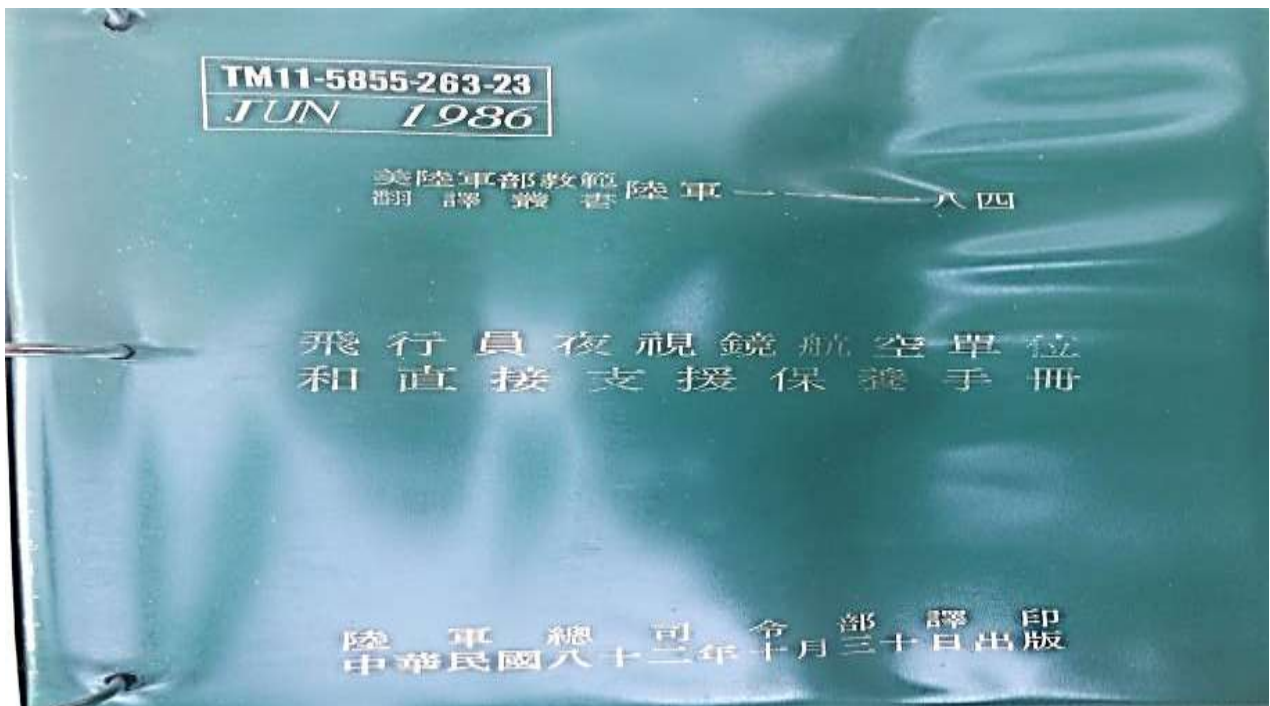
<sup>1</sup> 中華民國航空醫學暨科學期刊編輯部，〈民間直昇機重視夜視鏡的使用〉，《航空醫學堂科學期刊》，第 20 卷第 1 期，2006 年，頁 65

<sup>2</sup> 同註 1。

<sup>3</sup> 郭承亮、袁正綱，〈夜視裝備發展趨勢與人因改良研析〉中華技術學院學報 26 期 2003 年 4 月，頁 113

<sup>4</sup> 國防部，〈110 年國防報告書〉，110 年 9 月，頁 14。

圖 1、技令



資料來源：本研究整理

圖 2、技令規範

c. **Image Intensifier Power Supply Function.** The power supply inside the image intensifier assembly (refer to [Figure 1-13](#)) converts the 3.0 volts from the power pack to the voltages required by the photocathode, microchannel plate, and phosphor screen. The power supply also provides automatic brightness control (ABC) and bright-source protection (BSP). Under highlight conditions, the ABC automatically reduces the voltages to the MCP to keep the image intensifier's brightness within a set limit. The effect of this function may be seen when rapidly changing from low light to highlight condition; the image gets brighter and then, after a momentary delay, suddenly dims slightly to a constant level. The BSP function reduces the voltage to the photocathode when the goggles are exposed to bright light sources. The BSP feature protects the image intensifier from damage and enhances its life; however, it also has the effect of lowering resolution. Therefore, under bright light conditions when the goggles would not normally be used, the image produced is not sharp.

當夜視鏡暴露在強光源時，SBP的功能將減少電壓到光陰極板。BSP在保護影像強化器避免損傷及延長壽命；然而，它亦有降低解析的效用。因此，在強光狀況下，不正常的使用夜視鏡，影像將不夠清晰。

資料來源：本研究整理

## 二、研究動機

陸航 AH-1W 及 OH-58D 型機飛行人員夜視鏡於 1986 年陸續獲撥，該裝備由 Bell Howell 原廠研製<sup>5</sup>，為 AN/AVS-6 系列，區分(V)1 及(V)2 兩型，其差異僅於安裝座設計角度不同，須配合頭盔型式使用，非代表夜視鏡的新舊型或效能值，夜視鏡效能全由影像強化器(光放管)效能決定，光放管於性能衰降後，將逐漸惡化且不可逆終至不妥善，囿於技令無明確規範不合格標準，端賴使用者及檢驗人員，且依據技術手冊 TM11-5855-263-23&P 第 1-15(C)節說明(如圖一)，影像強化器(光放管)及亮源保護裝置(BSP)等電子元件，如暴露在強光源下使用，將縮減電子元件效能壽命，夜視鏡光放管效能衰降可區分：陰影、邊緣亮光、亮點、黑點、蜂巢及失真等 6 項態樣(如圖三)，陸軍航空各型機夜視鏡效能逐漸衰降，以每年平均 2 至 4 具速度損壞，總妥善率持續下降，飛訓部夜視鏡老化(效能衰降)現況，AH-1W 及 OH-58D 型機於 93 年至 104 年間除光放管損壞狀況外，無效能衰降情事，104 年 3 月起陸續發生黑點、陰影及蜂巢等效能衰降狀況，迄 104 年 12 月產生效能衰降值達 10%-20%；至 107 年衰降值已全數達到 20%；CH-47SD 型機於 89 年至 104 年間無光放管損壞狀況，為迄 104 年起亦陸續產生黑點、陰影等效能衰降情況，迄 104 年 12 月產生效能衰降 10%-20%，至 107 年陸續加劇，新型機夜視鏡(AN/AVS-6(V)1A)自 103 年起使用迄今均無損壞、衰降情況，衰降值均為 0%。

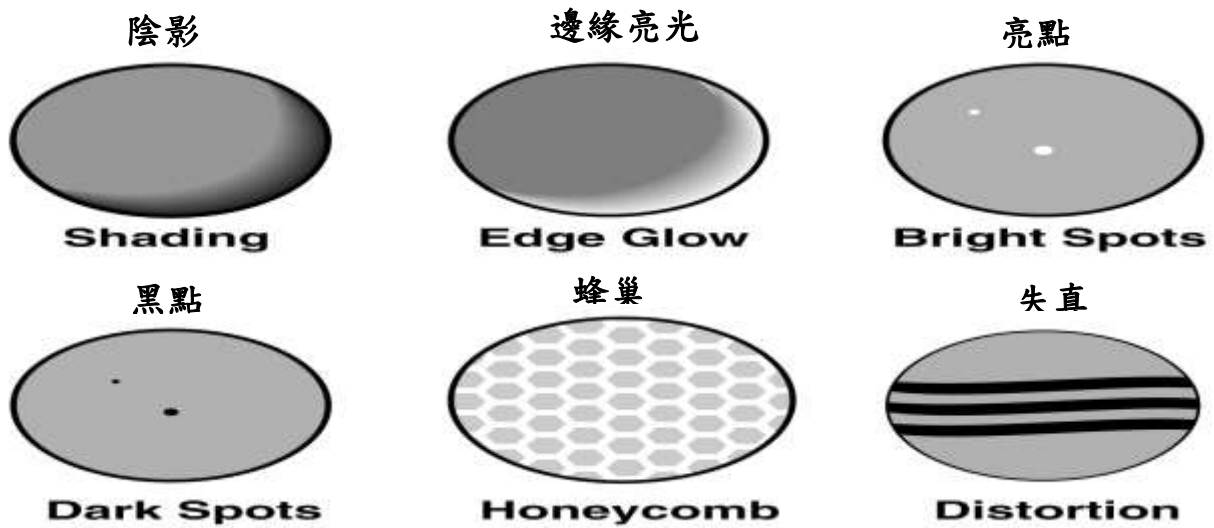
另統計各旅夜視鏡妥善現況，除 IHADSS(A/E)及 AN/AVS-6(V)1A(U/M)新式夜視(鏡)總成系統分別使用 6 年及 4 年，迄今均無損壞紀錄，餘均有不妥善狀況產生。

綜上所述，陸航新型機 UH-60M 及 AH-64E 型機之夜視鏡使用不超過 10 年，其它機型夜視鏡使用迄今已逾 20 年，裝備老舊，面臨海峽對岸夜戰訓練強化，利用先進夜視裝備精準鎖定目標，增加攻防操演頻次，目的是掌握未來全天候制空權，面臨此一威脅，陸軍除採購新式主戰裝備，相關的夜視裝備亦須考量是否需同步提升，建構堅強戰力，迎接瞬息萬變戰場情勢。

---

<sup>5</sup> Dennis L. Schmickley,〈Night Vision Goggles〉, [https://nvgsafety.com/NVG\\_Support/Night\\_Vision\\_Goggles/](https://nvgsafety.com/NVG_Support/Night_Vision_Goggles/)  
檢索日期 2021 年 9 月 18 日。

圖 3、視鏡光放管效能衰降態樣  
資料來源：技術手冊 TM11-5855-263-23&P



### 三、研究目的

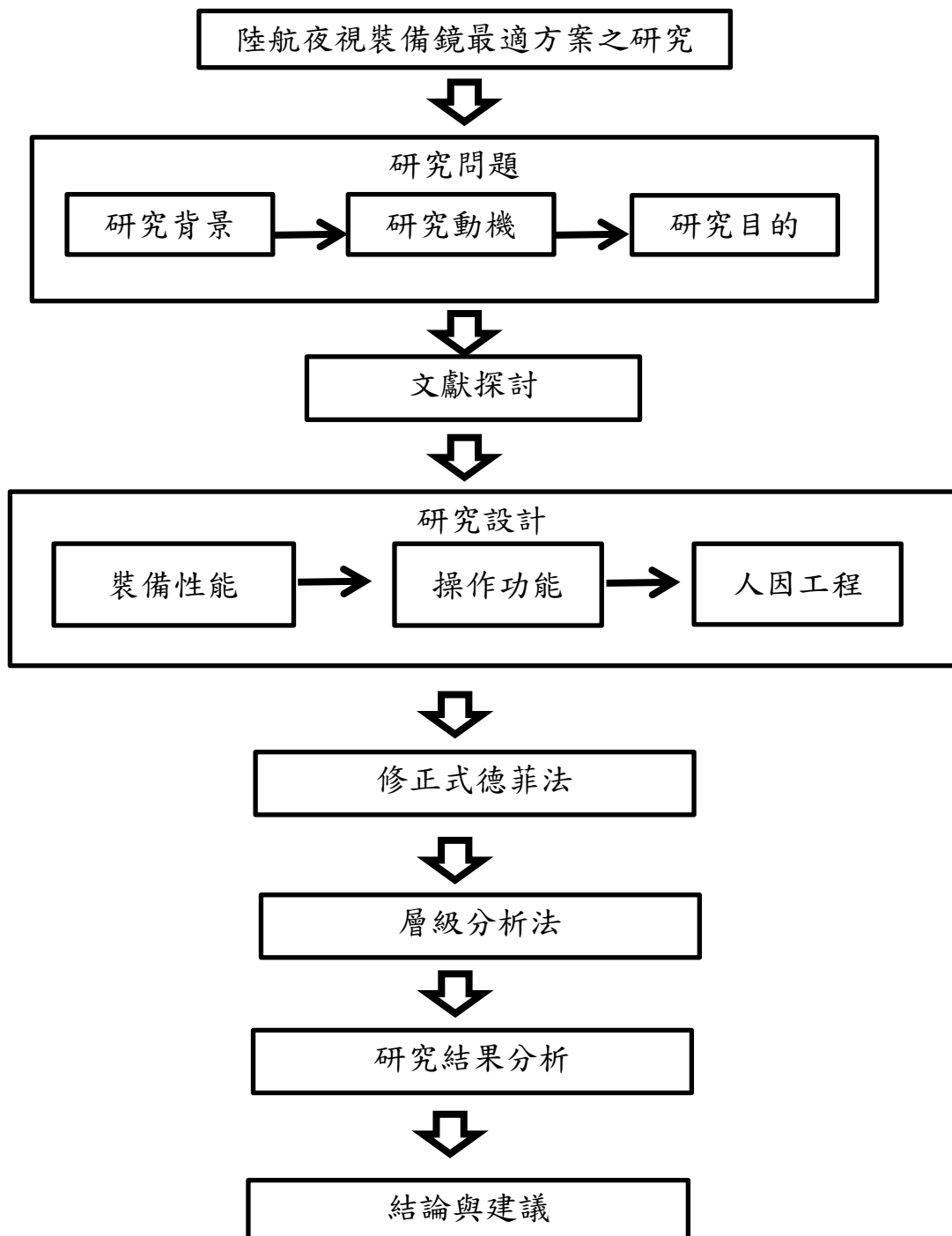
囿於陸軍航空夜視裝備壽期屆近，效能逐漸衰降，如何確保妥善標準達成，持續技令更新，延長夜視鏡壽期，考量航演訓任務及飛航安全，探討各項夜視裝備種類功能，透過文獻分析，後續應用德菲法及 AHP 層級分析法等兩種方法進行研究分析，希望達到研究目的如下：

- (一) 經由分析「裝備性能」、「操作功能」及「人因工程」，探討與最適夜視裝備之關聯性。
- (二) 後續應用 AHP 建立層級架構，並選出最佳設計評選方案。
- (三) 依據研究結果提出相關建議，提供上級決策單位未來裝備採購方向。

### 四、研究流程

本研究以探討分析夜視裝備功能面向及各國夜視裝備使用現況，評估最適之夜視裝備，首先將介紹陸軍、美軍及中共夜視裝備現況，蒐集有關夜視裝備功能評選的文獻，探討評選準測，研究設計分為二階段，第一階段評選構面採用「德菲法」，第二階段探討各構面權重，則採「層級分析法」建立模式，統計各項結果，分析獲得最佳評選方案，提供相關建議與結論，研究流程圖如圖四。

圖 4、研究流程圖



資料來源：本研究整理

## 五、研究範圍與限制

### (一) 研究範圍

國軍夜視裝備種類繁多，其適用範圍及功能不盡相同，其可相結合的裝備數亦有限，在研究時間有限情況下，僅針對陸軍航空部隊夜視裝備研究分析，其餘地面部隊、海、空軍、工業及醫療等方面所使用夜視裝備不在本研究討論範圍。

### (二) 研究限制

本研究探討夜視裝備最適化之評選，因此問卷發放對象將以實際從事線上航訓飛行人員及執行保修作業檢驗為主，惟問卷受試者難免受個人主觀因素影響，使研究結果產生些許偏差。

## 貳、文獻探討

本章將從陸軍航空夜視裝備、美軍航空夜視裝備等文獻實施探討，以建立夜視裝備評選準則及功能層面模型建構；第 1 節介紹陸航夜戰訓練重點及夜視鏡對作戰的助益；第 2 節探討美軍航空夜視裝備相關文獻，以瞭解目前夜視裝備發展進程；第 3 節探討中共航空夜視裝備相關文獻，作為比評本研究最適裝備之參考；第 4 節介紹分析層級程序法，以建立本研究之決策評估工具。

### 一、陸軍航空夜視裝備

自二次大戰後，夜間作戰已形成各國訓練重點，隨著光學技術和電子技術的進展，逐漸發展出各式各樣，功能先進的夜視裝備，要在黑暗中或能見度不佳的情況下執行航訓，需借助夜間裝備，夜視鏡是飛行員在微弱光環境下的重要工具，可以使其在微弱條件下進行視覺觀察。

平時飛行員需透過訓練增進夜間飛行能力，陸航單位每月夜視鏡訓練課目為 1 小時，夜間飛行時視野因配戴夜視鏡裝備，視野範圍從正常 180 度縮減為 30 度，且會影響飛行員的深度感知能力，使得夜間飛訓無法同晝間飛訓，能依賴眼睛餘光保持飛機姿態平穩，故需進行嚴格、反復的訓練。

陸軍航空夜視裝備為 AN/AVS-6(V)1/(V)2 型，該結構主要由調整軸架、光放管、單筒、接物鏡、接目鏡及焦距環等附件所組成(如圖五)。

依據技術手冊 TM11-5855-263-23&P，夜視影像系統 AN/AVS-6 系列區分(V)1、(V)1A、(V)1B 及(V)2 等 4 種系統，各系統由夜視鏡及安裝座組合而成(如表一)。安裝座固定於飛行頭盔，提供夜視鏡與飛行(如圖六)頭盔接合使用，型式區分(V)1、(V)1A、(V)1B 及(V)2 等 4 型(如圖六)，各型式安裝座差異性僅設計角度不同，且須配合頭盔型式使用。夜視鏡成相是由接物鏡、影像強化器(光放管)及接目鏡等三項主件構成(如圖七)，飛行人員配戴夜視鏡時執行眼睛與目標物焦距調整，在夜視鏡效果主要取決於光放管效能。



夜視鏡效能以光放管「優視值」<sup>6</sup>為基準，現役各型機夜視鏡光放管優視值，以 UH-60M 型機 Type 4(1344)為較佳，Type 3(765)次之，Type 2(576)再次之(如表二)。

綜合上述，夜視裝備之良窳，為作戰「超敵勝敵」之關鍵，陸軍現行夜視裝備以 UH-60M 型機現役之 AN/AVS-6(V)1A 型 Type4(MX-10160A)為例，屬效能較佳、可靠度較高，且可配合運用於各型機頭盔使用，故以「夜視鏡性能」、「夜視裝置與頭盔間固定裝置之搭配性」及「頭盔配戴的舒適性」等三類為夜視裝備評選標準。

李芳等(2017)分析直升機飛行員綜合顯示頭盔實際應用中暴露出的問題，結合國內外綜合顯示頭盔的發展趨勢，對直升機綜合顯示頭盔設計優化進行了探討，提出從「安全防護」、「人機工效」、「平台顯示」、「夜視觀察」、「跟踪定位」、「材料工藝」等多方面提出了優化措施，促進和維護直升機飛行員身心健康、提高武器裝備作戰效能具有重要的現實意義<sup>7</sup>。

---

<sup>6</sup> 優視值＝解析度×訊號雜訊比；優視值 1200-1344 為第三代光放管；優視值 1472 以上為美國 ITT 公司所研發頂峰(Pinnacle)系列光放管，為薄膜(thin film)及無膜(filmless)光放管技術，又稱第四代光放管，於 2001 年開始撥交美國陸軍使用。

<sup>7</sup> 李芳、李全、暢杰，孫豔、陸經緯、吳振華，〈直升機飛行員綜合顯示頭盔優化技術設計研究〉，《醫療衛生裝備》，第 38 卷第 3 期，2017 年 3 月，頁 28。

圖 5、夜視鏡組成圖



資料來源：本研究整理

表 1、AN/AVS-6 夜視影像系統區分表

| AN/AVS-6 夜視影像系統區分表 |      |       |                              |
|--------------------|------|-------|------------------------------|
| 系統名稱               | 型式區分 |       | 配合頭盔型式                       |
|                    | 夜視鏡  | 安裝座   |                              |
| AN/AVS-6(V)1       | (V)1 | (V)1  | SPH-4                        |
| AN/AVS-6(V)1A      |      | (V)1A | SPH-4B<br>HUG-56/P           |
| AN/AVS-6(V)1B      |      | (V)1B | HUG-67/P<br>HUG-84/P         |
| AN/AVS-6(V)2       | (V)2 | (V)2  | SPH-4B(修改型)<br>HUG-56/P(修改型) |

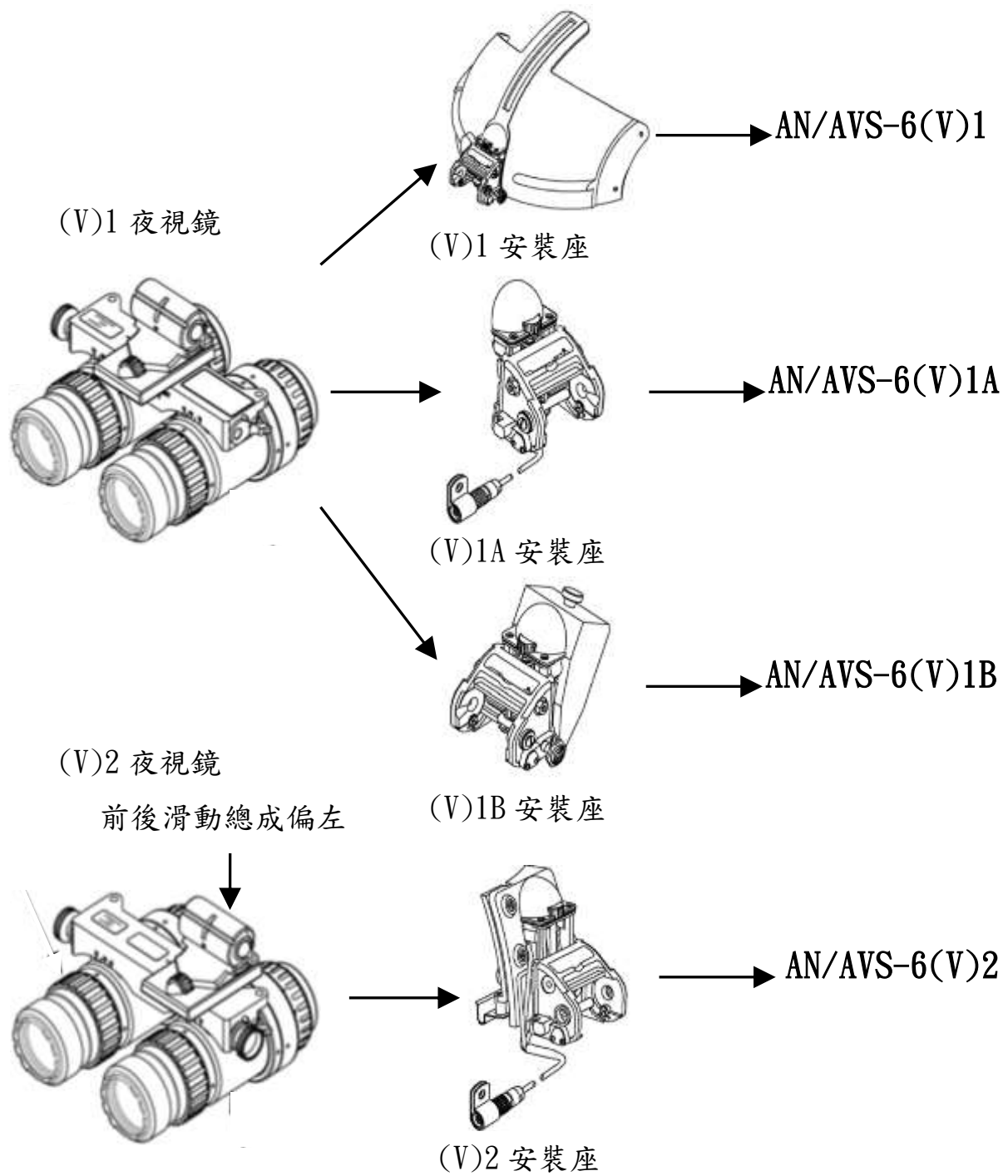
資料來源：本研究整理

表 2、光放管優勢值比較表

| MX-10160 及 MX-10160/A 型光放管優視值比較表 |                                                                                  |                         |             |           |                 |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|-----------|-----------------|
| 區分                               | 構型                                                                               | 光放管型號                   | 解析度(線對數/毫米) | 信號雜訊比     | 優視值             |
| 飛訓部                              | Type 1、2                                                                         | MX-10160<br>(F9800J)    | 36 lp/mm    | 16        | 576<br>(36×16)  |
|                                  | Type3                                                                            |                         | 45 lp/mm    | <u>17</u> | 765<br>(45×17)  |
| UH-60M                           | Type4                                                                            | MX-10160A<br>(F9800M16) | 64 lp/mm    | 21        | 1344<br>(64×21) |
| 備考                               | 信號雜訊比 (signal to noise ratio)：為決定夜視鏡光放管在低光度環境下解析度良窳最重要的因素光放管信號雜訊比愈高，代表可提供的清晰度愈高。 |                         |             |           |                 |

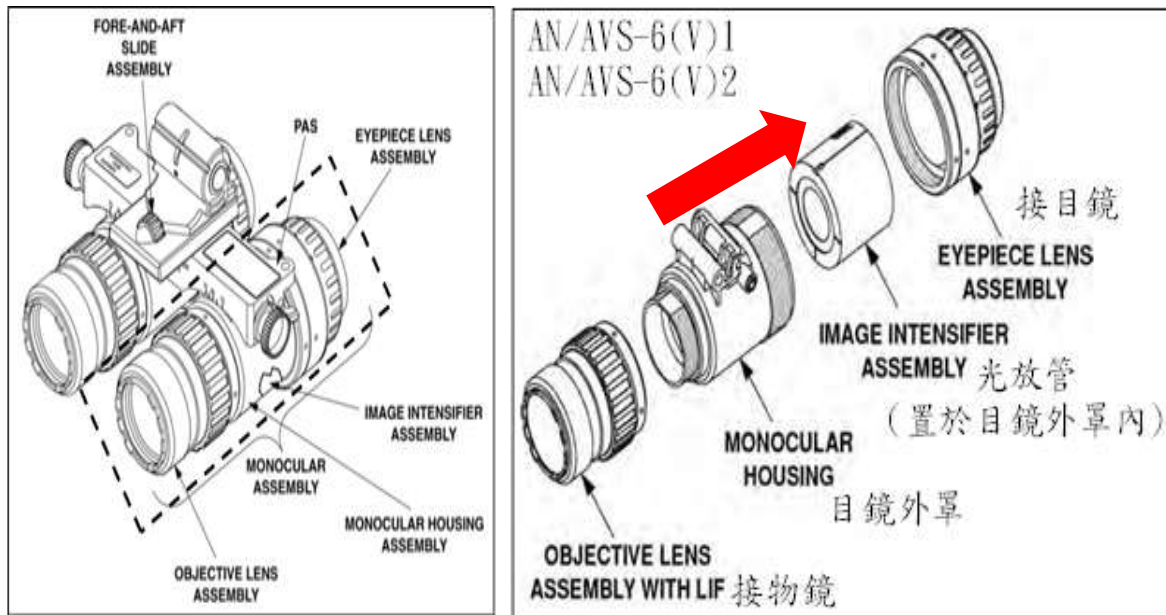
資料來源：本研究整理

圖 6、V1 V2 型夜視鏡



資料來源：本研究整理

圖 7、夜視鏡構成影像圖



資料來源：本研究整理

## 二、美陸航夜鏡裝備

1950 年代起，開始對夜間圖像增強進行了大量且多樣化的研究，並應用於軍事傳感和天文學和科學研究的設備，美國陸軍在 1950 年代後期首次在直升機上試驗了 T-6A 紅外線駕駛雙筒望遠鏡<sup>8</sup>，該設備是一種近紅外線 (IR) 轉換器，紅外線需經輻射能量轉換，對於航空而言並不令人滿意，1960 年初期開發了第一代影像強化器(光放管)<sup>9</sup>，後續研製裝載於步兵及飛行員夜視鏡，並嘗試於夜間飛行作業，1980 年代美軍航空引進兩種版本 ANVIS-6(V)1 及(V)2 夜視鏡，1990 年代夜視鏡需搭配抬頭飛行訊息符號系統以及窗外視圖，產製了兩種類型的夜視鏡頭盔(NVG HUD)<sup>10</sup>，直至近代開發可運用於固定翼和旋翼直型機飛行員之 AN/AVS-9 夜視鏡（型號 F4949），說明如下：

### (一)AN/AVS-6(V)1：

用於大多數直升機，安裝座固定於飛行頭盔中心，是一種輕型、高性能的第三代影像增強系統，直視式圖像增強設備使飛行員能夠在光線不足和退化的戰場條件下更有效、更安全地操作，可識別海拔 200 英尺及以下、最大速度為 150 節、光照水平低至陰天星光的地形障礙物，該系統使用安裝組件安裝於 SPH-4 頭盔上，不使用時，可以將雙筒望遠鏡組

<sup>8</sup> “Development of an Aviator’s Night Vision Imaging System (ANVIS),” Albert Efkenman and Donald Jenkins, presented at SPIE Int. Tech. Symp. Exhibit, July 28–August 1, 1980, San Diego, CA.

<sup>9</sup> 第一代影像強化器：不需要主動投射照明；該系統可以使用環境星光照明進行操作。

<sup>10</sup> NVG HUD：集成符號系統和圖像產生了一種新型的頭盔顯示器 (HMD)，稱為 “NVG HUD”

件向上翻轉或從頭盔上取下。

#### AN/AVS-6(V)2：

僅適用於 AH-1W 型直升機，除安裝座固定於飛行頭盔旁側，其餘功能及組件均與 AN/AVS-6(V)1 相同。

#### (二)頭盔顯示器(NVG HUD)：

集成符號系統和圖像產生了一種新型的頭盔顯示器 (HMD)，稱為“NVG HUD”，兩種類型的夜視鏡頭盔顯示器說明如下：

##### 1. AN/AVS-7 夜視鏡頭盔顯示器：

為 CH-47D 和 UH-60M 直升機乘員使用，是屬於 AN/AVS-6 型的改進，通常安裝於飛行員護目鏡上部兩側，獲取關鍵飛行資訊，並傳輸至護目鏡，和護目鏡的圖像疊加後，飛行員可看到綜合夜景和關鍵飛行資料符號體系<sup>11</sup>。

##### 2. ODA 夜視鏡頭盔顯示器：

於 OH-58D 直升機上安裝光學顯示組件，頭盔電源由飛機電源提供，非經電池供給電源。

#### (三)AN/AVS-9 (F4949)：

專為固定翼和旋翼機型應用設計的頭盔安裝配置，適用於大多數飛行員頭盔<sup>12</sup>，物鏡鍍膜可過濾來自駕駛艙儀表照明的眩光，25 毫米眼距目鏡可容納眼鏡，其電池組為後置式、薄型，使用四節 AA 鹼性電池，可運行超過 50 小時。

第三代影像增強管提供高分辨率、高增益及可靠性；其它功能包括上翻、下翻功能、簡單的雙目附件、單獨的瞳孔調整、傾斜、垂直和前後調整可適合所有飛行員。

美軍除前述各類現役夜視裝備，目前另有諸如 AH-64D 型攻擊直昇機乘員之 IHADSS「整合式頭盔顯示觀測系統」(Integrated Helmet and Display Sighting System)，RAH-66 戰搜直昇機乘員之 HIDSS「頭盔整合式顯示觀測系統」(Helmet Integrated Display Sight System) 等之發展<sup>13</sup>，分別簡述如下：

1. AH-64D 型攻擊直昇機乘員之 IHADSS「整合式頭盔顯示觀測系統」(圖八)：採用單目顯示模式，單目鏡顯示器與頭盔一側相連，顯示系統包括微型陽極射像管顯示器，頭盔前端有調節器及一個半透明反射鏡，飛行員可以透過該裝置看到前視紅外圖像及飛行導航、武器、目標信息，同

<sup>11</sup> Update of the AN/AVS-7 Head-Up Display program," Proc. SPIE 2735, Head-Mounted Displays, (7 June 1996); <https://doi.org/10.1117/12.241893>

<sup>12</sup> 美國 HGU-55/P、HGU-56/P、HGU-84/P、SPH-4HF、SPH-4B、SPH-5；英國 Alpha 202 和 Mk4；法國 OS 和 CGF 頭盔。

<sup>13</sup> 同註 3，頁 113。



時透過反射鏡可以看到儀表板及駕駛艙外的圖像，裝備全重為 1.8 Kg，視角為 40 度。

2. RAH-66 型戰搜直昇機乘員之 HIDSS「頭盔整合式顯示觀測系統」(圖八)：屬雙目寬視野頭盔顯示器 (HMD)，集成式頭盔，由多功能顯示器、跟踪系統、夜視儀、瞄準線標線單元和相關的電子設備組成，裝備全重 2.6 Kg，視角 52 度。

圖 8、AH-64D 及 RAH-66 整合式頭盔顯示觀測系統



資料來源：本研究整理

綜合上述，美軍夜視裝備未來發展趨勢，影像增強器從第一代到目前的三代，持續朝向第四代研發中，著重像增強器自身尺寸重量減少、採用新型光學和結構材料、新的光學構型、超大視場<sup>14</sup>及微光夜鏡小型化、輕量化的設計，結構設計考量人機工程性能，如重量、重心位置的控制等以保證佩戴的舒適性，另連接裝置考量固定盔的穩定性，以滿足飛行員做機動動作和過載飛行時觀察的舒適性；連接裝置考量飛行員操作的簡易性，如飛行員飛行時可單手安裝、微調、翻轉、拆卸夜視鏡等，此外夜視鏡和頭盔顯示器的功能結合，可提供資訊顯示、武器瞄準、導航和目標截獲等功能。

<sup>14</sup> 視場：可用角度數來表示、駕駛員所觀察到的顯示器圖像範圍叫視場。

### 三、中共陸航夜視裝備

二次世界大戰後，微光夜視技術蓬勃發展，惟影像增強器屬關鍵料件，美國管制出口，共軍僅能自主研發，早期夜視鏡研製奠基於國外的日漸發展的微光技術，於 1980 年開始生產第一代微光夜視儀，1984 年首次研製成功裝有微通道板第二代影像增強器<sup>15</sup>，2010 年 3 月中國大陸民間企業「北方夜視科技集團有限公司」已能大量生產新型微光夜視鏡，主要產製有以下 7 大裝備：紅外線探測器、紅外線熱像儀、微光像增強器、微光機、光學加工、精密機械加工、OLED 微型顯示器等，已具備生產一代、二代、超二代夜視裝備能力<sup>16</sup>。

#### (一)早期頭盔式夜視儀：

中共陸航部隊於 1986 成立之初並沒有專用飛行頭盔，第一代頭盔是利用民航飛行頭盔改裝而成，僅有防護、通訊和降低噪音功能外，無其他作戰功能，2004 年始有第二代飛行頭盔，適用於武直 8 系列、武直 9 系列、武直 11 系列、米 17 系列等機型，這種頭盔除有頭部保護作用，其裝載雙目夜視儀，利用增強技術增加了夜視功能，同時有氧氣面罩、防毒面具、瞄準具等配套功能。

#### (二)新式頭盔式夜視儀：

2010 年新式頭盔，為第三代飛行頭盔，隨著新型戰機一起列裝，機內外燈具、光源與夜視儀兼容並蓄，可為信息控制平台，具有夜視、觀瞄隨動系統<sup>17</sup>及導航等功能，是一種全天候機載瞄準顯示設備，由中共自行研製而成，該頭盔亦具備防碰撞、防眩光和激光、防噪音等功能。

---

<sup>15</sup> 熊瑞琴、郭小朝 1994-2021。〈航空夜視鏡工效學問題及技術策略概述〉《China Academic Journal Electronic Publishing House》中國：空軍航空醫學研究所。

<sup>16</sup> 百度百科，〈北方夜視技術股份有限公司〉，<https://baike.baidu.com/item/北方夜視技術股份有限公司/7443537?fr=aladdin>，檢索日期 2021 年 10 月 30 日

<sup>17</sup> 隨動系統：飛行員視野往哪邊看，觀瞄裝備以及砲口就往哪指。



圖 9、武直 10 座艙特寫，飛行員頭戴新式飛行頭盔



資料來源：新華網

另劉文彬(2019)研究指出，微光夜視技術目前已大量運用於國內外航空機載領域，美軍表現相較突出，其於各式定翼機及旋翼機均配備多種微光夜視系統，中共囿於核心器材發展受限，故微光技術發展及數量與國外相比仍有落差<sup>18</sup>，說明如下：

#### (一)美軍航空機載微光夜視技術裝備情況

美軍海軍、空軍及陸軍均已裝配大量微光技術系統，其主要應用之夜視鏡計有 AN/AVS-6、AN/AVS-9、AN/AVS-10 PNVG 等種類，應用機種包括 A-10、F-15C、F-15E、F-16、F117、C-5、C-130、KC-135、HH-60 及 AH-64 等定翼機以及旋翼機，且以傳統直視型微光夜視鏡為主<sup>19</sup>，包括以下類型。

##### 1. 雙管雙目夜視鏡

AN/AVS-6 及 AN/AVS-9 夜視鏡均屬此類，視角可達 40 度，放大倍率為 1 倍，可手動焦距調節、目鏡視度調節、眼距、瞳間距調節等功能，影像增強器為第三代像增強器或高性能三代像增強器，座椅彈射時可經由爆炸脫落或過載自動脫落。

##### 2. 雙管雙目頭顯夜視鏡

ANVIS/HUD-24 夜視鏡，夜視鏡圖像與重要的飛行和導航信息相結合，晝夜均可使用的集成頭盔夜視鏡，該款頭顯視角可達 32 度，夜視視角達 40 度，頭盔顯像分辨率為 512×512，餘功能及結構近似於雙管雙目夜視鏡(如圖十)。

<sup>18</sup> 劉文彬，〈微光成像技術在航空機載領域的應用研究〉，《電子測試》，第 31 卷第 3 期，2019 年 5 月，頁 57-59。

<sup>19</sup> 傳統直視微光夜視鏡：通過目鏡直接觀察，結構簡單、成本低廉

圖 10、AN/AVS-9 夜視鏡及 ANVIS/HUD-24 夜視鏡



資料來源：本研究整理

## (二)中共航空機載微光夜視技術裝備情況

因核心器材的限制，夜視鏡裝配影像增強器僅為超二代，其分辨率<sup>20</sup>、信噪比<sup>21</sup>及靈敏度與美軍高性能三代增強器有明顯差距<sup>22</sup>，其機載裝備夜視鏡多屬雙管雙目微光夜視鏡構型，此構型佩戴舒適性較差，視場局限，對於直接觀察平視顯示器以及座艙儀表較為不便。

相較於國外夜視鏡功能豐富，中共微光夜視鏡僅能提供單一微光增強圖像，運用於疊加飛行數據信息的綜合頭盔瞄準使用較少。

金偉其等(2005)分析國際夜視技術發展，結果顯示夜視技術的發展涉及「材料」、「工藝」、「探測器」、「信號處理」、「系統總體」與「系統集成」等方面，可作為共軍研究參考，提升夜視裝備技術水平<sup>23</sup>。

綜上所述，夜視技術在現代戰爭中具有重要的地位，掌握先進的夜視技術對於控制戰場形勢甚為重要，各國為保持夜視技術優勢，針對夜視技術和裝備不斷研究發展；囿於核心技術封鎖，共軍無法同步取得歐美各國先進裝備，僅能利用有限資源，自行研發生產，經過近 20 年的發展，影像增強器已從一代、二代發展到超二代，然 1960 年代美軍已成功研製第一代夜視裝備，1990 年初第三代影像增強器已取代第二代，迄今仍持續朝向第四代研發邁進，各國夜視裝備分析表如表三。

因此，本研究將以裝備性能、操作功能及人因工程等方面探討最適夜視裝備，期望提高各型機之夜間作戰能力，使能適應全天候作戰需求。

<sup>20</sup> 分辨率：為影像解析細緻程度之表現，像增強器的分辨率以 lp/mm 為單位，表示輸出端面（螢光屏面上）1mm 空間內可清晰觀察到的線對數目。

<sup>21</sup> 信噪比：亦即“信號雜訊比”，好的 NVD「夜視裝備」，應有無雜訊之高品質信號影像輸出。

<sup>22</sup> 金偉其、劉廣榮、白廷柱、王霞，〈夜視領域幾個熱點技術的進展及分析〉，《光學技術》，第 31 卷第 3 期，2005 年 5 月，頁 406。

<sup>23</sup> 同上註，頁 412。

表 3、各國夜視裝備比較表

| 各國    | 夜視                                                                     | 裝備                       | 比較表                                                         |
|-------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 項目    | 陸軍                                                                     | 中共                       | 美國                                                          |
| 夜視鏡種類 | 1.AN/AVS-6(V)1<br>2.AN/AVS-6(V)1A<br>3.AN/AVS-6(V)1B<br>4.AN/AVS-6(V)2 | 1.早期頭盔式夜視儀<br>2.新式頭盔式夜視儀 | 1.AN/AVS-6(V)1<br>2.AN/AVS-6(V)2<br>3.NVG HUD<br>4.AN/AVS-9 |
| 光放管   | 第三代光放管<br>(MX-10160、<br>MX-10160A)                                     | 1.第二代光放管<br>2.超二代光放管     | 1.第三代光放管<br>(MX-10160、<br>MX-10160A)<br>2.超三代光放管            |

資料來源：本研究整理

### 參、研究方法及評估準則評選

為執行夜視裝備最適化之選擇，本研究主要應用德菲法及 AHP 層級分析法等兩種方法進行研究分析，說明如下：

#### 一、德菲法

德菲法係由美國德蘭公司於 1950 年發展出的研究工具，為專家會議預測法的一種發展，以專家知識為基礎，運用匿名發表意見的方式，並經反覆問卷回饋後，將複雜的議題系統化，使專家們之間對議題的差異性降為最低。

考量運用傳統式的德菲法，往往需要較長時間，幾輪反饋費時較長，且在幾番徵詢意見的過程中，有些專家可能因事或因病中途退出，影響預測的結果順利產出，故本研究採用修正式德菲法進行分析研究。

「修正式德菲法(Modified Delphi Method)」是將繁複的問卷過程進行簡化，仍保有「德菲法」精神與優點，簡化方式通常以「文獻探討」或「專業深度訪談」發展出結構式問卷，能夠使專家將注意力集中在研究問題上，也可節省大量時間。

#### 二、AHP 層級分析法

層級分析法是由美國匹茲堡大學教授 T.L.Saaty 於 1971 年提出的著名理論，屬於一種多目標決策評價方法，其主要是通過計算決策權重來定性和定量分析問題，將主觀判斷進行量化，可以通過對各因子的分析，利用權數求出各方案的優劣次序，可比較有效地應用於那些難以用定量方法解決的課題，容易被理解及接受，故在經濟管理、軍事指揮、教育、人才、醫療、環境保護等領域得到了廣泛的重視和應用。

#### 三、評估構面及準則評選

應用 AHP 層級分析之前，需先進行評估構面及準則之客觀評選。檢視相關文獻，國內針對夜視裝備相關論述相當稀少，僅能從美軍、中共相關文章及報導探究，有關夜視裝備最適化之相關構面、準則層的探討，本研究參考國內外相關學術論文、期刊並簡要分述如下(相關文獻歸納如表四、五)：

#### (一) 裝備性能

有關頭盔安裝夜視裝置之設計，美國軍方已有相當之經驗，Clarence E. Rash 等(2002) 綜整陸軍航空醫學研究實驗室發佈其設計分類計區分光學、視覺、生物力學、及人因工程等四大類，且由美國軍方之研究經驗顯示，夜視性能之發揮，在於夜視裝備之光電技術性能<sup>24</sup>，李力等(2017) 分析了直升機飛行員頭盔夜視系統的性能參數，認為未來主要發展朝向大視場、輕量化及頭盔顯示與夜視結合的方向，周海憲等(1999) 分析國外微光夜視儀的研究現狀和影響微光夜視儀性能，主要為像增強器的光電陽極靈敏度、信噪比、增益及分辨率等因素<sup>25</sup>。因此，本研究在裝備性能評估構面歸納出以下列次要準則：

1. 信噪比：郭承亮等(2003) 評估指出，好的夜視裝備，應有無雜訊之高品質信號影像輸出<sup>26</sup>，如果信噪比不夠，於黑暗環境中，夜視鏡中的圖像則是分散的亮點，而無法組成一個圖案。
2. 增益：周海憲等(1999)分析指出，增益的概念是表示微弱光信號被放大的程度，通常有「光放管增益」及「系統增益」兩種表示方法，增益值越高，系統將光能量放大的能力就越強，但並不意味著較清晰或較細緻之影像，而僅有較為明亮之影像<sup>27</sup>。
3. 解析度：中華民國航空醫學暨科學期刊編輯部(2006)認為夜視鏡的特性決定其可見範圍，其中解析能力，是指對場景中的物體產生點、線、面等影像的能力，解析度以 lp/mm 為單位，解析度愈高之影像，影像的清晰度愈高<sup>28</sup>。
4. 視場：劉紅漫等(2007)等研究指出，對於簡單的瞄準標線，約 4 度至 5 度即足夠；當要顯示飛行信息及武器瞄準信息時，視場至少需要 20 度；在夜間飛行時，假如顯示器要用於顯示傳感器的圖像，對周圍的觀察必需更寬的視場，至少 40 度<sup>29</sup>。

<sup>24</sup> Clarence E. Rash, "HMD Design Issues for Rotary-Wing Aircraft." US Army Aeromedical Research Laboratory, 2002/7. <[http://www.usaarl.army.mil/hmd/cp\\_0002\\_contents.htm](http://www.usaarl.army.mil/hmd/cp_0002_contents.htm)>

<sup>25</sup> 周海憲、張蔚、王戰勝、盛軍，〈機載微光夜視儀的研究〉，《光學技術》，第 20 卷第 5 期，1999 年，頁 18。

<sup>26</sup> 同註 3，頁 112。

<sup>27</sup> 同註 29

<sup>28</sup> 中華民國航空醫學暨科學期刊編輯部，〈民間直昇機重視夜視鏡的使用〉，《中華民國航空醫學暨科學期刊》，第 20 卷第 1 期，2006 年，頁 67。

<sup>29</sup> 劉紅漫，郭濤，〈具有夜視功能的頭盔顯示器〉，《紅外與激光工程》，第 36 卷第 1 期，2007 年 9 月，頁 586。

## (二) 操作功能：

郭承亮等(2003)研究指出，夜視觀測績效涉及夜視裝置與頭套或頭盔間固定裝置之搭配性，頭套或頭盔本身之固定性、調整方便性等設計考量，有關人員視覺調適與戴用裝置之人機介面適配性問題，如戴用裝置(頭盔或頭帶等)操作性能設計不佳，則整體夜視性能亦將大打折扣<sup>30</sup>，由此操作功能構面探討之次要準則探討如下。

1. 綜合夜視資訊：劉文彬(2019)研究認為，綜合夜視頭盔系統可綜合多傳感器信息融合顯示，既能顯示經過微光增強的場景圖像，又能疊加顯示必要的飛行數據信息，還能綜合顯示機載其他光電傳感器，可達到圖像的傳輸、多傳感器信號疊加以及圖像優化處理<sup>31</sup>。
2. 適配性需求：郭承亮等(2003)研究指出，除夜視鏡組本身之減重與配裝設計等工程考量外，頭戴、頭盔單獨或組合配裝，其配戴適配性最低應具備簡單、輕便、舒適等要求<sup>32</sup>，以發揮整體夜視性能。

## (三) 人因工程：

李力等(2017)分析直升機飛行員頭盔夜視系統的性能參數，從而得出當前頭盔夜視系統存在「重量重」、「體積大」、「人機工程」的問題，這些問題解決可透過「光學系統的減重」優化，使用塑料元件減重、「機械結構的減重」優化，及「人機工程」<sup>33</sup>優化，透過優化可以增大視場，改善飛行員配戴頭盔夜視系統觀察的視覺舒適度，減少飛行員頭部轉動頻率和範圍，提升作戰效率<sup>34</sup>，本研究在人機工效構面綜整次準則如下。

1. 頭盔質量：蔡政宏等(2020)分析指出，旋翼機飛行員常戴頭盔和其他頭部支援裝備，造成頸椎長時間受力，對於頸部有極大負擔，容易因此發生頸部疼痛<sup>35</sup>，在科技不斷進步的環境下，應能持續設計出重量更輕、功能更佳的夜視鏡，另外頭盔亦能在兼顧防護功能下減輕重量，以減輕頸部負擔。
2. 頭盔抗噪力：李芳等(2017)研究指出，直升機噪音主要來自發動機，其次是傳動裝置、尾旋翼等，在通話清晰度的前提下，透過改變頭盔耳罩的聲學特性，增加耳罩隔音量，以提高低頻噪音<sup>36</sup>的隔音效果，達到提高通信質量、維護飛行員聽力健康的目的。

---

<sup>30</sup> 同註 3，頁 110。

<sup>31</sup> 同註 22，頁 59。

<sup>32</sup> 郭承亮、袁正綱，〈夜視鏡之頭戴總成人因工程設計〉中華技術學院學報 30 期 2004 年 6 月，頁 239。

<sup>33</sup> 人機工程優化：也就是優化結構形式使之滿足頭盔夜視系統觀察和配戴的舒適性。

<sup>34</sup> 李力、李訓牛，〈直升機飛行員頭盔夜視系統及舒適性優化技術分析〉，《紅外技術》，第 39 卷第 10 期，2017 年 10 月，頁 890-896。

<sup>35</sup> 蔡政宏、林顯峰、葉珈均、蕭允庭，〈飛行員頸痛與預防對策之探討〉，《航空醫學暨科學期刊》，第 34 卷第 1-2 期，2020 年，頁 68。

<sup>36</sup> 低頻噪音：是指頻率在 500 赫茲(倍頻程)以下的聲音。在人耳範圍內是在 20Hz--500Hz 是低頻，即在一秒內震動 20 到 500 次所發出無規律的聲音稱之為低頻噪音

3. 頭盔散熱性：曲洪東等(2019)提出，直升機綜合盔系統是典型的人機交互設備，頭部是與熱舒適有關的較敏感的身體部位之一，熱舒適性的好壞將直接影響到飛行員佩戴頭盔的意願<sup>37</sup>。

表 4、主要評估構面歸納依據說明

| 評估構面 | 說明                                                                            | 參考文獻                                                                                                                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 裝備性能 | 夜視性能之發揮，在於夜視裝備之光電技術性能，未來將朝向大視場、像增強器的發展及頭盔顯示與夜視結合的方向。                          | 1. Clarence E. Rash, "HMD Design Issues for Rotary-Wing Aircraft"2002。<br>2. 李力，李訓牛，〈直升機飛行員頭盔夜視系統視及舒適性優化技術分析〉，西元 2017 年。<br>3. 周海憲，張蔚，王戰勝，盛軍，〈機載微光夜視儀的研究〉，西元 1999 年。 |
| 操作功能 | 夜視觀測績效與戴用裝置操作性能及頭套或頭盔本身之固定性、調整方便性等設計有關，如設計不佳，則整體夜視性能亦將大打折扣。                   | 郭承亮、袁正綱，〈夜視裝備發展趨勢與人因改良研析〉西元 2003 年。                                                                                                                                  |
| 人因工程 | 改善飛行員配戴頭盔夜視系統觀察的視覺舒適度，減少飛行員頭部轉動頻率和範圍，使用塑料元件減重、「機械結構的減重」優化，藉由「人機工程」優化，可提升作戰效率。 | 李力，李訓牛，〈直升機飛行員頭盔夜視系統及舒適性優化技術分析〉，西元 2017 年。                                                                                                                           |

資料來源：本研究整理

<sup>37</sup> 曲紅東、吳恩、黃勇，〈直升機飛行頭盔熱影響因素分析〉，《節能技術》，第 37 卷第 216 期，2019 年，頁 323-324。



表 5、次要準則歸納依據說明

| 主要構面 | 次要準則   | 參考文獻                                                                          | 文獻出處                                       |
|------|--------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 裝備性能 | 信噪比    | 夜視裝備無雜訊之高品質信號影像輸出，如信噪比不夠，夜視鏡中的圖像則是分散的亮點，無法組成一個圖案。                             | 郭承亮、袁正綱，〈夜視裝備發展趨勢與人因改良研析〉西元 2003 年。        |
|      | 增益     | 屬微弱光信號被放大的程度，增益值越高，系統將光能量放大的能力就越強。                                            | 周海憲，張蔚，王戰勝，盛軍，〈機載微光夜視儀的研究〉，西元 1999 年。      |
|      | 解析度    | 是指對場景中的物體產生點、線、面等影像的能力，解析度愈高之影像，影像的清晰度愈高。                                     | 中華民國航空醫學暨科學期刊編輯部，〈民間直昇機重視夜視鏡的使用〉西元 2006 年。 |
|      | 視場     | 夜視裝備對周圍的(水平)觀察，對於簡單的瞄準標線，約 4 度至 5 度即足夠，當要顯示飛行信息及武器瞄準信息時，視場至少需要 20 度。          | 劉紅漫，郭濤，〈具有夜視功能的頭盔顯示器〉，西元 2007 年。           |
| 操作功能 | 綜合夜視資訊 | 可綜合多傳感器信息融合顯示，可達到圖像的傳輸、多傳感器信號疊加以及圖像優化                                         | 劉文彬，〈微光成像技術在航空機載領域的應用研究〉，西元 2019 年。        |
|      | 適配性需求  | 頭戴、頭盔單獨或組合配裝，其配戴適配性最低應具備簡單、輕便、舒適等要求，以發揮整體夜視性能。                                | 郭承亮、袁正綱，〈夜視裝備發展趨勢與人因改良研析〉西元 2003 年。        |
| 人因工程 | 頭盔質量   | 飛行員常戴頭盔和其他頭部支援裝備，造成頸椎長時間受力，對頸部有極大負擔，應持續設計出重量更輕、功能更佳的夜視鏡，在兼顧防護功能下減輕重量，以減輕頸部負擔。 | 蔡政宏、林顯峰、葉珈均、蕭允庭，〈飛行員頸痛與預防對策之探討〉，西元 2020 年。 |



|           |                                                                    |                                                       |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 頭盔<br>抗噪力 | 在通話清晰度的前提下，透過改變頭盔耳罩的聲學特性，增加耳罩隔音量，以提高高低頻噪音的隔音效果，達到提高通信質量、維護飛行員聽力健康。 | 李芳，李全，暢杰，孫豔，陸經緯，吳振華，<直升機飛行員綜合顯示頭盔優化技術設計研究>，西元 2017 年。 |
| 頭盔<br>散熱性 | 頭部是與熱舒適有關的較敏感的身體部位之一，熱舒適性的好壞將直接影響到飛行員佩戴頭盔的意願。                      | 曲紅東、吳恩、黃勇，<直升機飛行頭盔熱影響因素分析>，西元 2019 年。                 |

資料來源：本研究整理

#### 肆、研究設計

本研究藉由文獻探討，探討陸航夜視裝備功能評選準則，後續運用「修正式德菲法」，著重點於找出「夜視裝備功能」最適評選準則，接續運用分析層級程序法(AHP) 建立層級架構，完成設計問卷與調查，以決定評選準則之整體權重，並選出最佳設計評選方案。本研究設計區分 4 個小節，第 1 節確認研究設計流程，並繪製研究架構圖，第 2 節說明德菲法訪談問卷內容及對象，第 3 節說明層級分析法操作流程，第 4 節經由整體一致性檢定，增強研究結果信賴度。

##### 一、研究設計流程

針對陸航夜視裝備最適方案之分析步驟(如圖十)，區分三個階段如下：

##### (一)第一階段：德菲法專家訪談

- 1.針對文獻探討成果，遴選本研究夜視裝備評估指標，完成專家問卷。
- 2.針對夜視裝備業管及主管發放專家問卷，執行 描述性統計，彙整專家意見調整修訂評估指標。

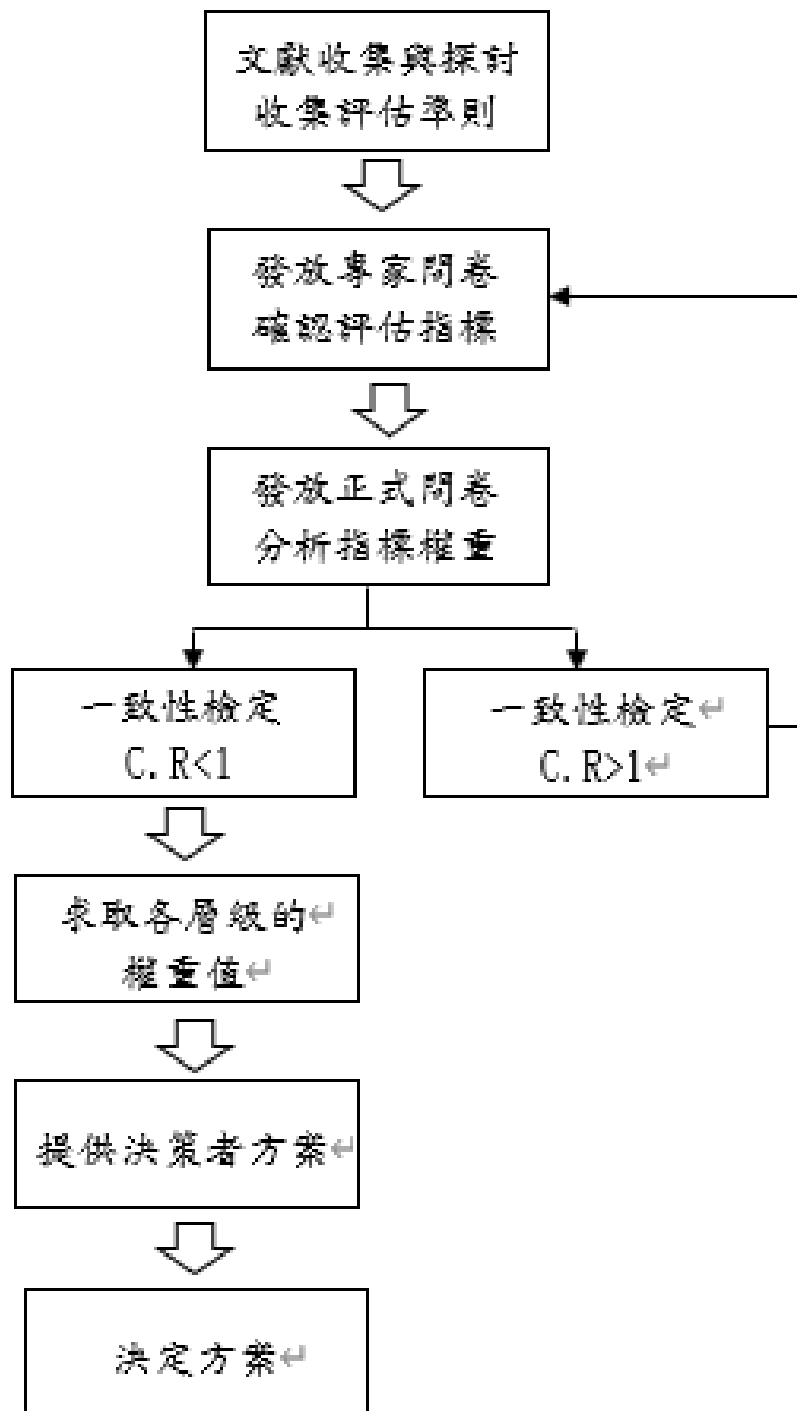
##### (二)第二階段：AHP 問卷設計。

- 1.本階段系為確認陸航夜視裝備之構面、準則及方案權重，綜整專家問卷建立之層級架構為基礎。
- 2.由受訪者針對各構面、準則及方案進行相互比較，再以應用軟體做整體綜合性的評量，以提供決策者較為客觀評選方案之依據。

##### (三)第三階段：一致性檢定。

為避免未達一致性之標準，而造成決策者判斷錯誤，需執行一致性檢定。

圖 11、分析步驟圖



資料來源：本研究繪製

## 二、德菲法專家訪談

本研究運用德菲法(Delphi Method)設計第一階段問卷，提供勾選及相關意見看法以確認評選構面、準則及方案，接續第二階段建立客觀的 AHP 層級分析法實施專家問卷。專家學者計 7 人，分別來自陸勤部、航特部及等 2 個單位如表六，本研究依各專家建議完成層級架構調整修訂，如表七。

表 6、「德菲法」專家訪談分析表

| 單位  | 職務           | 人數 | 備註                           |
|-----|--------------|----|------------------------------|
| 陸勤部 | 主管職、<br>幕僚職  | 3  | 負責陸軍主戰裝備妥善及維持                |
| 航特部 | 業務主管、<br>幕僚職 | 4  | 負責航空旅及下轄單位各主戰<br>裝備妥善維持之幕僚單位 |

資料來源：本研究整理

表 7、調整後評選構面、準則及方案

| 第一層<br>目 標    | 第 二 層<br>構 面 | 第 三 層 準 則 | 第 四 層 方 案 |
|---------------|--------------|-----------|-----------|
| 陸航夜視裝備最適方案之研究 | 裝備性能         | 信噪比       | 雙管雙目夜視鏡   |
|               |              | 增益        |           |
|               |              | 解析度       |           |
|               |              | 視場        |           |
|               | 操作功能         | 綜合夜視信息    | 雙管雙目頭顯夜視鏡 |
|               |              | 頭盔與夜視鏡適配性 |           |
|               | 人因工程         | 頭盔質量      | 綜合夜視頭盔系統  |

資料來源：本研究整理

### 三、AHP 問卷設計

本階段執行目的係為本階段執行目的係為確立陸航夜視裝備評選之構面、準則及方案權重；經綜整專家意見建立之層級架構為基礎，並依 AHP 方法設計正式問卷。AHP 評估係為將問題分解成多準則，由上而下形成層級架構，並構造成對比較矩陣，透過問卷調查，兩兩比較各要素間重要性，通過一致性檢定後，即找到各要素權重，再執行權重分析及確立結果。

### 四、一致性檢定

由於 AHP 以兩兩成對比較評估模式，在多準則相互評估下，往往會造成評估者邏輯不一致，形成評估不合理，因此需透過一致性 (C.R.) 檢定，檢驗各層級成對比較調查的穩定性，此指標數值資 C.R.趨近於 1，則表示

該次評比是隨機產生，C.R.趨近於 0，則表示一致性愈高， $C.R. \leq 0.1$  具備可信度的條件，若此指標數值  $>0.1$  時，則必須重新檢討修正，藉以控制成果的可信度。

### 伍、研究結果與分析

本研究係採用 AHP 層級分析法來探討最適方案；藉由專家問卷回收後，採用套裝軟體 Expert Choice 11 進行資料分析，並依問卷結果輸入相關資料，運算出各構面、準則及方案間之權重值大小，相關結果如下所述。

#### 一、調查對象

本研究著重於評選陸航夜視裝備最適方案，因此專家問卷以陸軍後勤指揮部保修處及航特部後勤保修處相關人員為主。陸軍後勤指揮部保修處為負責陸軍各主戰裝備妥善維持之幕僚單位，航特部後勤保修處負責航空旅及下轄單位各主戰裝備妥善維持之幕僚單位，專家問卷由該兩單位業管主管及參謀為發放對象，而正式問卷則增加實際作業人員做為調查對象，問卷共發放 15 份，實際回收 15 份，問卷回收率為 100%，發放人員統計如表八所示。

表 8、問卷發放統計表

| 單位  | 級職 | 職務    | 人數 | 專家問卷 | 正式問卷 |
|-----|----|-------|----|------|------|
| 陸勤部 | 上校 | 科長    | 1  | ✓    | ✓    |
|     | 中校 | 飛機修護官 | 1  | ✓    | ✓    |
|     | 少校 | 飛機修護官 | 2  | ✓    | ✓    |
| 航特部 | 中校 | 科長    | 1  | ✓    | ✓    |
|     | 中校 | 飛機修護官 | 2  | ✓    | ✓    |
|     | 少校 | 飛機修護官 | 2  | ✓    | ✓    |
|     | 少校 | 飛行官   | 3  |      | ✓    |
|     | 上尉 | 飛行官   | 3  |      | ✓    |
| 合計  |    |       |    | 9    | 15   |

資料來源：本研究整理

#### 二、研究成果與分析

本次問卷藉由 15 位受訪者意見，依據 AHP 層級分析法之調查方式，分別從「裝備性能」、「操作功能」及「人因工程」等三個階層探討；研究結果如下述內容所示(整體權重值排序表如表九)：

##### (一) 所有構面之分析

經軟體運算分析後，可顯示出所有構面之評選指標權重與排序結果；各評估構面之整體權重值大小，由高至低依序為：裝備性能構面(0.397)、操作功能構面(0.342)、人因工程構面(0.262)。由此可知，於設計評選陸航夜視裝備最適方案方面首重裝備性能方面，其次為操作功能方面，人因工程方

面再次之。

## (二) 整體權重之分析

整體權重值乃藉由評估構面及準則的評選指標權重串聯後產生；經系統分析後，由高至低依序為「綜合夜視資訊(0.736)」、「頭盔抗噪力(0.481)」、「頭盔質量(0.299)」、「解析度(0.296)」、「信噪比 (0.287)」、「適配性(0.264)」、「增益(0.245)」、「頭盔散熱性(0.219)」及「視場 (0.172)」；由此可知「評選陸航夜視裝備最適方案」時，首重「綜合夜視資訊」方面。

表 9、整體權重值排序表

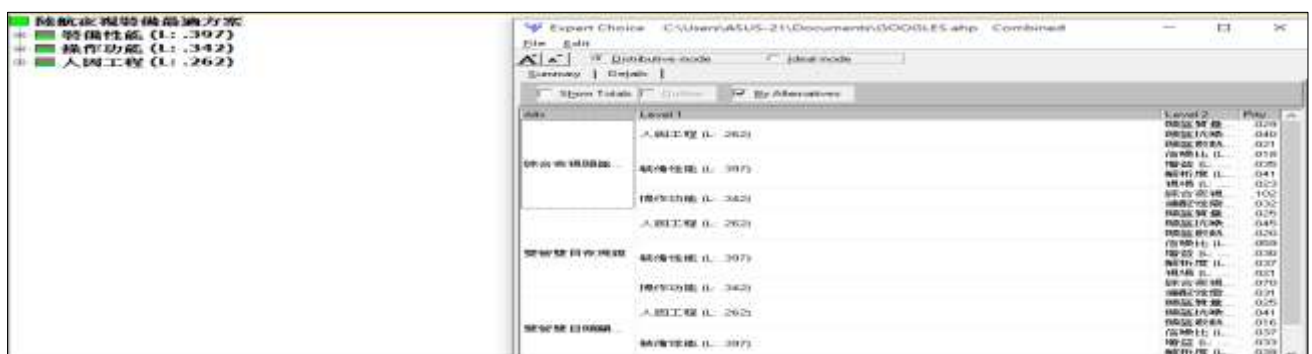
| 主準則  | 權重    | 排序 | 次準則    | 權重    | 排序 |
|------|-------|----|--------|-------|----|
| 裝備性能 | 0.397 | 1  | 信噪比    | 0.287 | 5  |
|      |       |    | 增益     | 0.245 | 7  |
|      |       |    | 解析度    | 0.296 | 4  |
|      |       |    | 視場     | 0.172 | 9  |
| 操作功能 | 0.342 | 2  | 綜合夜視資訊 | 0.736 | 1  |
|      |       |    | 適配性需求  | 0.264 | 6  |
| 人因工程 | 0.262 | 3  | 頭盔質量   | 0.299 | 3  |
|      |       |    | 頭盔抗噪力  | 0.481 | 2  |
|      |       |    | 頭盔散熱性  | 0.219 | 8  |

資料來源：本研究整理

## (三) AHP 模式方案評選結果

本研究由線上飛行人員及相關人員依工作經驗，按次準則指標對各評選方案執行問卷調查，經 Expert Choice 軟體分析，方案評選結果如圖十一，權重彙整如表十所示，綜合夜視頭盔系統方案權重 0.341 排序為第 1，係因該管道在「綜合夜視資訊」乙項有較佳表現，其次則為雙管雙目夜視鏡權重 0.337，而雙管雙目頭顯夜視鏡權重 0.322 排序最後，因此藉由 AHP 評選模式，獲得結果方案為「綜合夜視頭盔系統」。

圖 12、評選方案權重分析成果



資料來源：本研究整理

表 10、方案權重統計表

| 籌補管道          | 主準則  | 次準則    | 權重    | 整體權重  | 排序 |
|---------------|------|--------|-------|-------|----|
| 綜合夜視<br>頭盔系統  | 人因工程 | 頭盔質量   | 0.029 | 0.341 | 1  |
|               |      | 頭盔抗噪力  | 0.040 |       |    |
|               |      | 頭盔散熱性  | 0.021 |       |    |
|               | 裝備性能 | 信噪比    | 0.018 |       |    |
|               |      | 增益     | 0.035 |       |    |
|               |      | 解析度    | 0.041 |       |    |
|               |      | 視場     | 0.023 |       |    |
|               | 操作功能 | 綜合夜視資訊 | 0.102 |       |    |
|               |      | 適配性需求  | 0.032 |       |    |
| 雙管雙目<br>夜視鏡   | 人因工程 | 頭盔質量   | 0.025 | 0.337 | 2  |
|               |      | 頭盔抗噪力  | 0.045 |       |    |
|               |      | 頭盔散熱性  | 0.020 |       |    |
|               | 裝備性能 | 信噪比    | 0.059 |       |    |
|               |      | 增益     | 0.030 |       |    |
|               |      | 解析度    | 0.037 |       |    |
|               |      | 視場     | 0.021 |       |    |
|               | 操作功能 | 綜合夜視資訊 | 0.070 |       |    |
|               |      | 適配性需求  | 0.031 |       |    |
| 雙管雙目<br>頭顯夜視鏡 | 人因工程 | 頭盔質量   | 0.025 | 0.322 | 3  |
|               |      | 頭盔抗噪力  | 0.041 |       |    |
|               |      | 頭盔散熱性  | 0.016 |       |    |
|               | 裝備性能 | 信噪比    | 0.037 |       |    |
|               |      | 增益     | 0.033 |       |    |
|               |      | 解析度    | 0.039 |       |    |
|               |      | 視場     | 0.024 |       |    |
|               | 操作功能 | 綜合夜視資訊 | 0.079 |       |    |
|               |      | 適配性需求  | 0.028 |       |    |

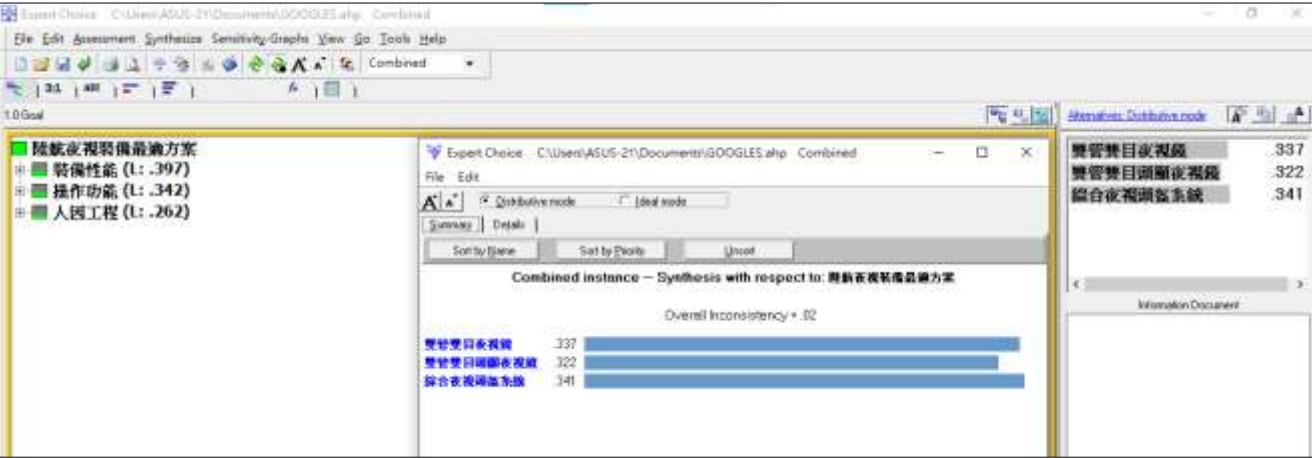
資料來源：本研究整理

### 三、一致性檢定

本研究評選方案計雙管雙目夜視鏡、雙管雙目頭顯夜視鏡及綜合夜視頭盔系統等 3 項( $n=3$ ,  $R.I.=0.58$ ),  $C.I.$ (整合度指數)為 0.02(如圖十二所示), 經計算一致性比率( $C.R.$ )為 0.034, 因此評選方案符合一致性要求。各指標  $C.I.$ 值均小

於 0.1（研究 C.I.值應 $\leq 0.1$ ）。

圖 13、整體評選方案一致性檢定(C.I.值)分析成果



資料來源：本研究整理

由各層級一致性分析可知，各項指標之 C.I.值(整合度指數)均小於 0.1(如表十一)，因此本研究問卷調查成果符合一致性要求。

表 11、主準則及次準則一致性檢定統計表

| 準則區分 |                                                                                                               | C.I 值 | C.R 值 | 一致性檢定 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| 主準則  | 裝備性能                                                                                                          | 0.04  | 0.04  | 符合    |
|      | 操作功能                                                                                                          | 0     | 0     | 符合    |
|      | 人因工程                                                                                                          | 0.03  | 0.05  | 符合    |
| 次準則  | 信噪比                                                                                                           | 0.09  | 0     | 符合    |
|      | 增益                                                                                                            | 0     | 0     | 符合    |
|      | 解析度                                                                                                           | 0.04  | 0     | 符合    |
|      | 視場                                                                                                            | 0     | 0     | 符合    |
|      | 綜合夜視<br>信息                                                                                                    | 0     | 0     | 符合    |
|      | 頭盔與夜視鏡<br>適配性                                                                                                 | 0     | 0     | 符合    |
|      | 頭盔質量                                                                                                          | 0.01  | 0     | 符合    |
|      | 頭盔抗噪力                                                                                                         | 0.02  | 0     | 符合    |
|      | 頭盔散熱性                                                                                                         | 0.01  | 0     | 符合    |
| 備考   | 1.C.R.(一致性比率)=C.I./R.I.<br>2.若 C.R.=0 表示一致性完全符合<br>3.若 C.R. $\leq 0.1$ 表示一致性為可接受<br>4.若 C.R. $> 0.1$ 表示不符合一致性 |       |       |       |

資料來源：本研究整理



## 陸、結論與建議

本研究藉由修正後德菲法專家問卷及 AHP 層級分析法，探討陸航夜視裝備所考量之因素，透過各構面與準則權重分析，瞭解對各個影響因素重要程度及最適方案的優先順序，以下為研究所得之結論與建議：

### 一、結論

- (一) 本研究運用層級分析法（AHP）所建立的「評選陸航夜視裝備最適方案」之層次結構，可完整呈現最適化的各項評估構面及準則，並求得各評估構面及各評估因子之相對權重值及應用順序，可提供未來研發設計與運用時，納入決策方案之參考。
- (二) 本研究探討因應夜視裝備為現代戰爭致勝關鍵，對於設計「評選陸航夜視裝備」最適方案；經層級分析法實施分析，結論以「綜合夜視頭盔系統」為最適方案，一致性指標為 0.02，最適結果可被接受。
- (三) 經系統分析後，可顯示出所有構面之評選指標權重與排序結果；各評估構面之整體權重值大小，由高至低依序為：裝備性能構面(0.397)、操作功能構面(0.342)、人因工程構面(0.262)。由此可知，於設計評選陸航夜視裝備應首重裝備性能方面，其次為操作功能方面，人因工程再次之。

### 二、建議

- (一) 採購新式國軍「夜視裝備」：目前陸軍航空夜視鏡 AN/AVS-6 系列，功能單一，僅具增強夜間視覺功能，隨著科技進步及戰場情勢轉變，夜視裝備已朝向綜合集成頭盔趨勢，同時有人機工效、平臺顯示、夜視觀察等多方面功能，故須採購新式夜視裝備，滿足陸航人員夜間觀測及頭顯綜合功能，以提高各型機之夜間作戰能力，並增加戰場態勢感知能力及精確打擊。
- (二) 落實國防自主，研發新型夜視鏡裝備：現代夜視裝備，核心技術層次甚高，若要達成國防自主，需突破關鍵技術限制，依不對稱作戰思維及先進科技發展趨勢，執行關鍵技術研發，主動積極結合民間科技力量，方可不受制於人，充分掌握量產技術及維保能量，故應作積極性之研究，開發新型夜視鏡裝備，以提升作戰效能。
- (三) 提升維保技術，厚植後勤能量：陸軍航空針對夜視裝備僅有光放管測試、定期檢查及主(次)總成更換之能量，籌建後續的檢修能量可加強精進後勤維保能力，並有效發揮後勤支援效能，提升戰備水準。
- (四) 加強瞭解裝備特性，增加夜間演訓頻次：雖然夜視裝備功能日趨優越，精良裝備需配合積極訓練，清楚瞭解夜視鏡的限制因素和風險，包括視覺疲勞和空間定向障礙，藉由加強訓練，可減少事故發生，並提高陸航與其它軍種聯合作戰能力。

## 參考文獻

### 一、中文部分

#### (一)專書

- 1.中華民國國防部，2021。《110 年國防報告書》，台北：國防部。
- 2.陸軍司令部，1993。《飛行員夜視鏡航空單位和直接支援保養手冊》國軍準則-專業-後勤-1184。

#### (二)期刊論文

- 1.中華民國航空醫學暨科學期刊編輯部，〈民間直昇機重視夜視鏡的使用〉，《航空醫學堂科學期刊》，第 20 卷第 1 期，2006 年，頁 65-67。
- 2.郭承亮、袁正綱，〈夜視裝備發展趨勢與人因改良研析〉中華技術學院學報 26 期 2003 年 4 月，頁 113
- 3.李芳，李全，暢杰，孫豔，陸經緯，吳振華，2017。〈直升機飛行員綜合顯示頭盔優化技術設計研究〉，《醫療衛生裝備 2017 年第 38 卷第 3 期》，頁 28-31。
- 4.熊瑞琴、郭小朝 1994-2021。〈航空夜視鏡工效學問題及技術策略概述〉《China Academic Journal Electronic Publishing House》中國：空軍航空醫學研究所。
- 5.百度百科，〈北方夜視技術股份有限公司〉，<https://baike.baidu.com/item/北方夜視技術股份有限公司/7443537?fr=aladdin>，檢索日期 2021 年 10 月 30 日
- 6.李力、李訓牛，〈直升機飛行員頭盔夜視系統及舒適性優化技術分析〉，《紅外技術》，第 39 卷第 10 期，2017 年 10 月，頁 890-896。
- 7.劉文彬，2019。〈微光成像技術在航空機載領域的應用研究〉，《電子測試 2019 年第 31 卷第 3 期》，頁 57-59。
- 8.金偉其、劉廣榮、白廷柱、王霞，〈夜視領域幾個熱點技術的進展及分析〉，《光學技術》，第 31 卷第 3 期，2005 年 5 月，頁 406。
- 9.周海憲、張蔚、王戰勝、盛軍，〈機載微光夜視儀的研究〉，《光學技術》，第 20 卷第 5 期，1999 年，頁 18。
- 10.劉紅漫、郭濤，〈具有夜視功能的頭盔顯示器〉，《紅外與激光工程》，第 36 卷第 1 期，2007 年 9 月，頁 586。
- 11.郭承亮、袁正綱，〈夜視鏡之頭戴總成人因工程設計〉中華技術學院學報 30 期 2004 年 6 月，頁 239。
- 12.曲洪東、吳思、黃勇，2019，〈直升機飛行頭盔熱影響因素分析〉，《節能技術 2019 年第 37 卷第 4 期》，頁 323-326。
- 13.蔡政宏、林顯峰、葉珈均、蕭允庭，2020，〈飛行員頸痛與預防對策之探討〉，《航空醫學暨科學期刊 2020 年，第 34 卷第 1-2 期》，頁 67-72。

## 二、英文部分

### (一)期刊論文

1. Dennis L. Schmickley , 〈 Night Vision Goggles 〉 ,  
[https://nvgsafety.com/NVG\\_Support/Night\\_Vision\\_Goggles/](https://nvgsafety.com/NVG_Support/Night_Vision_Goggles/) 檢 索 日 期  
2021年9月18日 。
2. Albert Efke and Donald Jenkins, "Development of an Aviator's Night Vision Imaging System (ANVIS)," presented at SPIE Int. Tech. Symp. Exhibit, July 28–August 1, 1980, San Diego, CA.
3. Update of the AN/AVS-7 Head-Up Display program," Proc. SPIE 2735, Head-Mounted Displays, (7 June 1996);  
<https://doi.org/10.1117/12.241893>
4. Clarence E. Rash, "HMD Design Issues for Rotary-Wing Aircraft." US Army Aeromedical Research Laboratory, 2002/7.<[http://www.usaarl.army.mil/hmd/cp\\_0002\\_contents.htm](http://www.usaarl.army.mil/hmd/cp_0002_contents.htm)> .
5. Spangler, L., Hurlbut, J., Cashen, D., Robb, E. et al., "Next Generation PVB Interlayer for Improved HUD Image Clarity," SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst. 9(1):360-365, 2016,  
<https://doi.org/10.4271/2016-01-1402>.
6. Chia-Chien Hsu, 2007 "The Delphi Technique: Making Sense of Consensus," Practical Assessment, Research, and Evaluation. A peer-reviewed electronic journal, Volume 12 NO.10, pp. 1-4.

## 筆者簡介



姓名：鄭玉伶

級職：少校所長

學歷：聯合後勤學校專業軍官班 97 年班、飛行訓練指揮部補保軍官班 2 期、國防大學管理學院正規班 67 期、國防大學陸指參校正規班 111 年班。

經歷：排長、副連長、飛彈修護官、飛機修護督導官、現任飛訓部飛保廠中運機保修所所長。

電子信箱：軍網：ling1204@webmail.mil.tw

民網：pigdogcatking@gmail.com