



廣用於美國第一線戰機的聯合頭盔瞄準系統。

新世代戰機座艙的視訊電子系統(下)

• 魏楞傑 •

頭盔顯示器

頭盔顯示器系統可提供下述功能：

- 呈現飛航及戰鬥管理的圖像。
- 判定飛行員的視線 (Line Of Sight)，指揮最重要的感測器及武器。
- 在任何時候情況下，提供光電感測器攝得的外界影像。
- 保有傳統頭盔的功能，如：保護飛行員頭部，連接無線電及氧氣系統。

整套系統的重量不能超過兩公斤，以一點五公斤最理想。系統功能中最重要的是視野大小，以目前的科技水準而言，視野每增加十度，重量大約會增加零點二公斤，在長時間任務或是高G值飛行動作下，這些重量會對頸部脊椎造成負擔，因此頭盔顯示器要盡可能貼近飛行員頭部。

早期的頭盔顯示器非常貴，而且功能不佳：影像模糊、解析度差、亮度黯淡、對比低劣、重量不輕。但相關科技進步得很快，率先把頭盔、頭部追蹤器，以及顯示器，設計成單一系統的整合式頭盔系統，稱為「整合式頭盔顯示瞄準系統」(Integrated Helmet and Display Sighting System)，美國陸軍航空隊 (US Army Aviation) 使用非常成功，也促成新世代整合式頭盔系統計畫的風行。

新世代頭盔顯示器著重於在任務各階段，協助飛行員有好的表現，它的作戰需求包括高速、低空飛行，以及在低亮度和黑暗中，及惡劣天候下的上述飛行；它的目標是使飛行員、飛機、機上系統間的溝通有效率，讓飛行員獲得並維持情勢感知，進而提升任務效益。不過，頭盔顯示器設計不只有技術上的問題，還有與飛行員間複雜的介面挑戰，如：人人各異的頭部及臉面，因此設計上要非常有彈性。

最新的頭盔顯示器能提供八十度乘以一百二十五度的視野，也不影響飛行員操控傳統儀表。影像源可以單獨裝在頭盔上，或是較常見的置入頭盔內，若是要求高解析度和寬闊的視野，影像源就不能太小，非得用單獨式的不可。頭盔上的影像源通常是單色陰極射線管，因為它與數位濾波器搭配下，在性能、重量、尺寸各方面的表現最為均衡。陰極射線管由於成本低、來源簡易、可靠、影像品質良好，廣用於頭盔顯示器。不過雖然陰極射線管已經小型化，但它的重量、尺寸、電源需求、高正極電壓、產生高熱仍是缺點，因此目前正在開發及測試中的影像源有：平板 (Flat Panel) 顯示器、液晶顯示器、電冷光 (Electroluminescent) 顯示器、發光二極體顯示器、場發射 (Field Emission) 顯示器、真空螢光 (Vacuum Fluorescent) 顯示器、電漿 (Plasma) 顯示器、微鏡片裝置 (Micro-mirror Device) 顯示器。這些試驗性新產品的尺寸小、電力及電壓需求低、產生熱量少、重量輕，對頭盔顯示器極具吸引力，平板顯示器尤其有望成為民航抬頭顯示器的迷你影像源，美國國防先進研究計畫署



F-35 的頭盔顯示系統可完全取代抬頭顯示器。

Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 已提供經費展開研究，開發及整合平板電腦科技到下世代的頭盔顯示器內。

未來的頭盔顯示器還得有全彩顯示的能力，美國空軍實驗室 (US Air Force Laboratory) 的頭盔瞄準強化 (Helmet Mounted Sight Plus) 計畫，已開發出先進的全彩頭盔顯示器，基本上它是目視耦合搜尋暨定標系統 (Visually-Coupled Acquisition and Targeting System) 的全彩版，使用的全彩圖像與現役抬頭顯示器、頭盔顯示器的圖像很類似，戰機飛行員會很熟悉，顏色標示方式也與典型的現代化玻璃座艙戰術狀況顯示器方式相近。

在引進人工智慧及光纖傳輸科技後，預期未來頭盔顯示器會有革命性的發展，頭盔顯示器和各種感測器間的整合程度會更好，並有更高的資料更新率，以及智慧型的資訊顯示。同樣的，目前飛行員在轉動頭部時，武器及感測器回應時的慣性遲滯現象，未來應該都會完全克服。

在這方面很重要的一項發展，就是視訊國際公司為 F-35 閃電 II 型 (Lightning II)——第一架無抬頭顯示器的現代戰機——發展的頭盔顯示系統 (Helmet Mounted Display System)。事實上，當飛行員視線與瞄準線方向一致時，它就是 F-35 的虛擬抬頭顯示器；當飛行員視線逸出瞄準線方向時，藉由圍繞機身的六個分布式孔洞系統 (Distributed Aperture



歐洲戰鬥機的頭盔顯示器。

System)紅外線感測器和頭盔夜間面罩感測器，頭盔顯示系統會提供中波及近紅外線影像，並顯示類似擡頭顯示器上的飛行性能數據、威脅資訊、目標瞄準圖像。頭盔顯示系統以內建的低光度感測器進行夜視，必要時還能以分布式孔洞系統影像呈現周遭三百六十度的情況，系統使用的圖像和現役聯合頭盔瞄準系統的完全相同，但把陰極射線管換成主動式矩陣液晶投影器，頭盔左、右各一具，分別投射影像及圖像，由鏡片將夜視影像中繼到面罩，提供四十度乘以三十度的雙筒視野。第一套原型系統內有一支由ITT企業(ITT Industries)量身打造的十六毫米直徑影像強化管(Image Intensifier Tube)，以電極耦合元件(Charge-Coupled Device)儲存影像視訊，由頭盔外兩眼上方的光學管投射到面罩。

頭盔顯示系統另一項新發展，是歐洲戰鬥機(Eurofighter)颶風號(Typhoon)上稱為頭盔圖像系統(Helmet Mounted Symbol System)的頭盔顯示器，不論飛行員注視何方，它都能提供飛行及戰術資訊。此系統採用雙面罩構型，夜晚使用透明爆破／顯

示面罩，白天使用可上下翻轉的炫光／雷射眼部防護面罩，頭盔兩側各有一具強光管，提供四十度乘以三十度雙筒重疊畫面的視野（前視紅外線影像也可投射到面罩上）。頭盔為一體式設計，與頭部防護、生命支援、光電完全相容，還搭配一整套合氧氣面罩，提供核生化戰爭時的防護。頭盔設計經過一系列嚴格測試，包括飛行時速一千一百公里以上的風爆及彈射測試，設計重心偏移量也盡量小，以減輕飛行員在高G值動作時頭部的不適。

夜視鏡

從一九七〇年代初期起，由於精密武器系統的擴散，改變了現代軍事戰爭中的飛行及作戰方式。為了完成任務並安全返航，先進國家空軍現在相當依賴的夜間、低空作戰能力，都得靠特製的夜視裝備才能遂行。

過去三十年中，由於夜視科技的進步和合宜的訓練專案，許多國家空軍藉由夜視鏡(Night Vision Goggles)大幅提升作戰能力。夜視鏡的典型位置是架在飛行頭盔上，讓飛行員透過鏡筒觀看機外景物，也能由鏡筒下的縫隙查看飛行儀表。夜視鏡提供飛行員優質的夜間視覺訊息，讓他容易看清地平線、物體、以及地形。

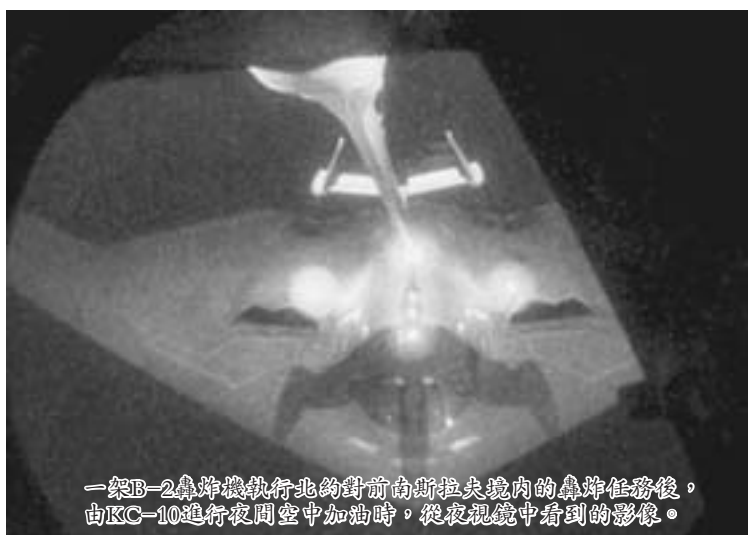
飛行員的夜視鏡通常是一副雙筒接目鏡，內中各有一支影像強光管。雙鏡筒的優點是兩眼可各自對焦，提供單鏡筒欠缺的景深，典型夜視鏡是把兩支強光管併置於一管匣內，搭在飛行頭盔前方，讓飛行員可調整強光管的方向與兩眼一致。電源由管匣內或頭盔後方的電池供應，和機上電源互不干擾。正常使用時，夜視鏡與飛行員的視線在同一直線上，必要時用手往上推就會彈開。

所有的夜視鏡工作原理都相同：把月亮或星星的紅光或紅外線光，適度放大後送到飛行員的眼裡，偕同強光管提供綠色的外界光電影像。早期夜視鏡都有所謂「光暈」(blooming)的問題，就是飛行員眼中看到的光源會有月暈現象，導致夜視鏡放大倍率下降，性能也因此衰減。目前最先進的科技已能有效解決這個問題，藉由自動且極快速地開關電源，以及在微通道平板(micro channel plate)鍍上一

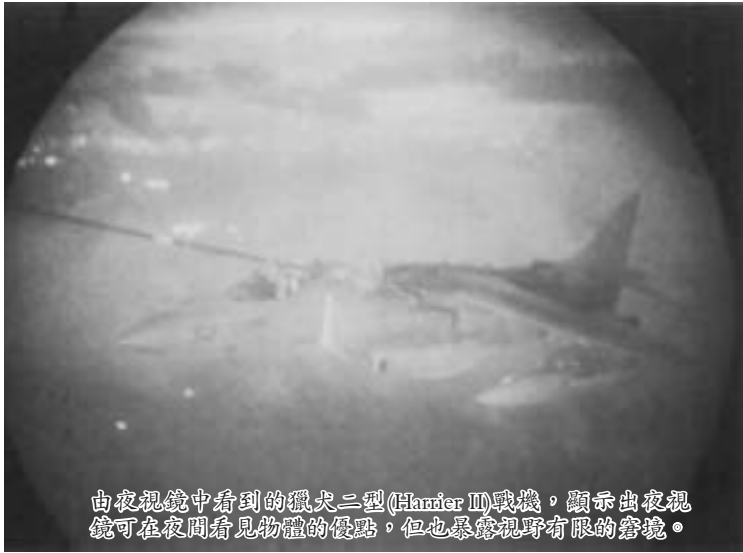
層離子障壁(ion barrier)薄膜，大幅降低光暈現象。

座艙燈光會干擾夜視鏡的操作。事實上，飛行員若要高枕無憂地使用夜視鏡，座艙燈光和顯示器都得與夜視鏡相容，座艙內發出的不相容光線如：儀表背光、無線電顯示器、主要警告燈、警示燈……等，即使是採用第三代強光管，放大倍率也會下降，因為無法被用來呈現景物的外來光，因此會干擾夜視鏡產生的影像，降低明暗對比。解決方法是在機艙內外安裝符合 MIL-L-85762A、MIL-L-3009，以及 STA-NAG3800 規範，與夜視鏡相容的燈光。

夜視鏡相容燈光的意思是座艙燈光的光譜波長、顏色、亮度都不會干擾夜視鏡的操作，相容光讓飛行員可由鏡筒觀看外界，同時至少可辨認座艙內的警告及警示燈。達成夜視鏡相容的方法有好幾種：用塑膠或玻璃濾光鏡、換用他種光源、去除座艙內的近紅外線(near-IR)光，或是以化學光源(chemical light sticks)提供座艙儀表的底光(flood-light)。



一架B-2轟炸機執行北約對前南斯拉夫境內的轟炸任務後，由KC-10進行夜間空中加油時，從夜視鏡中看到的影像。



由夜視鏡中看到的獵犬二型(Harrier II)戰機，顯示出夜視鏡可在夜間看見物體的優點，但也暴露視野有限的窘境。



戰機飛行員的全景式夜視鏡。



夜視鏡必須能夠辨認防撞燈、方位燈、以及編隊燈，但在執行戰鬥任務時，這些燈光又必須是肉眼無法看見。這種所謂的偽裝(cowart)模式燈光，是發出肉眼不可見的紅外線光，要偽裝燈光的方法有兩種：一、以濾光鏡擋掉可見光，僅讓紅外線通過；二、以紅外線二極體做光源。在其他一些如：搜救(Search and Rescue)、編隊飛行任務時，機外燈光不能偽裝，但仍得與夜視鏡相容。

要想熟練地使用夜視鏡——尤其是在空戰時——必需經過適當的訓練。即便是最新世代的夜視鏡，視野也只有四十度，有些飛行員在剛開始時，會覺得夜視鏡畫面幽閉，讓他們對四周環境無法一覽無遺，但經過適當的訓練及適度掃視四周後，通常都能舒緩這種「以管窺天」的詭異感。

已開發成功的全景式夜視鏡(Panoramic Night Vision Goggle)，是以四支直徑較小的十六釐米影像強光管，取代傳統的兩支十八釐米管，因此可提供九十五到一百度的視野，中央區域的視野（水平三十度，垂直四十度）依然由雙眼籠罩，而左、右最外圍的部分只提供給左、右眼各自觀看。

結語

前世代戰機座艙的設計完全基於先進頭盔顯示器、先進玻璃座艙、感測器融合……等科技，讓飛行員既能專注於任務，又能有正確的情勢分析。所謂的情勢分析是查核情勢、查核情勢各要素、查核它們彼此間的關係，隨時提供飛行員下決策時所需的情勢感知。現代化戰場上的作戰趨勢，讓情勢分析充滿壓力：詭譎的場景、威脅的演變、極端複雜環境下的相關資料及資訊，都會增加戰術狀況過多的危險，導致飛行員做出錯誤的判斷，因而構成非常嚴峻的挑戰。也因為如此，飛行員的判斷速度及品質都得勝過敵機，才能維持優勢，這完全得仰賴視訊空電及玻璃座艙的先進科技。

降低失事率，但夜視鏡訓練上最大的問題，在於飛行員太過相信自己的眼睛。視覺是人類的主要感官之一，戴上夜視鏡後，人們得以在黑暗中繼續保有視覺，導致可能對它過分依賴，忽略了其他的感官知覺。飛行員由夜視鏡所見的事物，並不如他所想像的那麼清晰，在低照明度下，整個世界完全走樣，物體的色彩、對比、質地，都會與白日所見的大相逕庭，這些限制都需牢記在心。（完）

彭興仁．

看圖講古

第一位取得飛行執照的女飛行員哈麗·昆碧，畢業於摩森飛行學校。一九一二年四月十六日駕駛布雷里奧單翼機，成為第一位飛越英法海峽的女飛行員。