



光電電子戰技術之探析

作者/洪仁福 上校

提要

光電電子戰是電子戰的一種手段，它是指作戰雙方在光頻譜中進行的電磁作戰。光電電子戰主要包括：光電偵察、光電攻擊及光電防護等三種。光電偵察是利用光電探測設備，對敵方光電探測、導引、武器控制和通信系統進行偵察，從而獲得敵方光電設備的有關資訊，如技術參數、配置和使用情況，為後續光電攻擊和光電防護提供參考運用。

隨著軍事科技的快速發展，光電技術在軍事武器裝備中的核心支撐作用愈來愈顯重要，因此為了削弱敵方的作戰能力，保證我方作戰能力的發揮，也就更加遽了光電電子戰的發展。

前言

光電電子戰和通信電子戰、雷達電子戰一樣，是重要的電子戰手段，巧妙而及時地採用光電電子戰，能夠使敵方的光電偵察設備失能，導引武器失控，通信、指揮、管制系統中斷，指向性武器效能降低或失靈，同時確保己方武器裝備之正常發揮作用。越南戰爭、中東戰爭、英阿福克蘭戰爭以及波灣戰爭等都在顯示了光電電子戰的威力和廣闊發展的前景。光波是電磁波的一種，光波的頻率遠遠高於一般雷達的工作頻率。近年來利用光電感應器研製成功的各種精準導引武器，在戰爭中發揮了重大的作戰效能，因此為對抗光電武器裝備，光頻譜內的電子戰—光電電子戰即應運而生。

戰例論證

1972年春，北越使用蘇製薩姆-7紅外線導彈，三個月內擊落美軍飛機24架，但當美軍使用了紅外線誘餌，薩姆-7導彈即告失靈。同年美軍飛機在北越兩小時內使用20

枚雷射導引導彈炸毀17座橋樑，可是，當北越使用煙幕對抗時，美軍飛機對富安電場投下幾十枚雷射炸彈，卻無一命中。1973年的中東「贖罪日戰爭」，以色列用美國紅外線誘餌彈、干擾絲，使埃及發射的大量蘇製導彈引爆。同年以色列與敘利亞在海上交戰，敘方50枚反艦導彈均被以色列用紅外線、干擾絲給引開，無一命中。英阿福克蘭戰爭，英國「無敵號」用紅外線、干擾彈對付阿根廷的兩枚「飛魚」導彈，結果使一枚墜海，一枚引偏後擊中了「大西洋運輸者號」商船。波灣戰爭爆發後，多國部隊飛機多次釋放紅外線誘餌彈，成功地避開伊拉克的地對空紅外線導彈的攻擊。美軍的F-117隱形戰機攜帶雷射導引炸彈，在未被伊軍察覺的情況下飛抵巴格達上空，對選定目標進行了攻擊。2000磅重的雷射導引炸彈直接命中了通信大樓的指揮和管制設施，以及內部安全與情報機構指揮所等重要軍事目標，使得伊軍的通信和指揮系統全面癱瘓。據報導，被摧毀的巴格達大批目標中，有90%是被雷

射導引炸彈所命中的，光電電子戰已經引起世界各國的高度重視，成為近年來發展最快的電子戰領域。

光電技術與裝備

光電電子戰是電子戰的一種手段，它是指作戰雙方在光頻譜中進行的電磁作戰。光電電子戰利用光電技術或設備，使敵方的武器裝備失控、失靈或失效，例如紅外線誘餌彈、煙幕彈、雷射致盲彈等，這些都已成為現代或未來電子戰的重要作戰武器之一。

首先探析光電電子戰中所涉及的光電技術及裝備：目前運用最廣泛的光電技術有紅外線、雷射和可見光等技術。

一、紅外線技術

在電磁波頻譜上，紅外線涵蓋了波長0.8~300微米頻段。任何溫度高於絕對零度（-273℃）的物體，都會因分子的熱運動而產生紅外線的輻射，所以又被稱為熱輻射。但是，人的眼睛對紅外線頻段不敏感，因而感覺不到周圍環境中的熱輻射。物體紅外線輻射的強度受到兩個因素的影響——物體的溫度和物體的材料特性。物體的溫度決定了紅外線的總功率在紅外線波段的各個波長上的分配，換句話說，如果以波長作為橫座標，每個波長的相對輻射功率為縱座標，畫出紅外線光譜輻射曲線，則物體的溫度決定了紅外線光譜輻射曲線的形狀。物體的材料特性則決定了物體本身紅外線輻射和反射的能力，它決定物體在一定溫度下的總輻射功率。

不同的物體，其溫度或材料都不盡相同，它們的紅外線輻射特性存在著差異。紅外線技術就是根據物體的紅外線熱輻射特性

來達到探測、跟蹤和識別目標的目的，紅外線技術在軍事上的運用有下列幾種：

（一）偵察、監視和預警

雖然人的眼睛看不到紅外線輻射，但是利用對紅外線輻射敏感的光學器材，按照輻射強度將紅外線轉換為可見光，人就可以獲得目標的資訊。紅外線夜視儀、紅外線熱影像等就具有這種功能。紅外線夜視儀不是利用目標本身發射紅外線輻射來獲得目標的資訊，而是靠紅外線探照燈發射紅外線輻射去照射目標，並接收目標反射的紅外線來偵察和顯示，所以又被稱為「主動式紅外線夜視儀」。紅外線夜視儀是德國在第二次世界大戰期間首先研製成功的，在第二次世界大戰中和大戰後的一段時間內，被廣泛的用於阻擊砲手和坦克在夜間的觀察、瞄準和駕駛等，它的有效距離最遠可達1500公尺。

第二次世界大戰的末期，美軍攻打日軍所防禦的沖繩島。當美軍登陸後，隱藏於山洞岩窟中的日軍利用複雜地形，白天固守於山洞夜間偷襲美軍，造成美軍重大傷亡。後來，美軍把一批剛剛發展研製成功的紅外線夜視儀配賦到沖繩島的前線部隊來使用。並且把裝有紅外線夜視儀的槍砲架在日軍藏身的岩洞口方向，夜間當日軍出現於洞口時，就被美軍即時發現，將日軍擊斃於洞口前，獲得了很大的戰果。這種紅外線夜視儀在沖繩島作戰中發揮了非常重要的效果。

紅外線夜視儀具有影像清晰、成本低、使用維修方便等優點。它的弱點是紅外線探照燈的紅外線光束會被敵方的紅外線探測器所發現，而受到攻擊，所以漸漸的被淘汰，取而代之的是熱像儀，它便能克服上述的弱點。

熱像儀又被稱為「被動式紅外線夜視儀」，它本身不發出紅外線輻射，只接收目標的紅外線輻射，並轉換成人眼可見的紅外線圖像，圖像反映了目標各部位的紅外線強度。熱像儀採用被動的工作方式，不易被敵人所發現。它能夠根據圖像判斷車輛或飛機等正在發動還是剛剛停駛，發現機動目標的行駛路線和原來停放的位置以及識別偽裝、探測雷區等。

紅外線熱像儀的探測距離較遠，根據不同用途，探測距離可從2~20公里。用於手持觀察和瞄準，距離為2~3公里；裝備在艦艇上進行水面偵察，作用距離可達10公里；用於地面，作用距離可達20公里；用於直昇機，可在1500公尺高度發現地面上的單兵活動；用於高空偵察機上，可在20公里高度發現地面上的人群或車輛運動，並可探知水下40公尺深處的潛艇；用於衛星，可發現地面部隊集結、偽裝的地下導彈發射井和導彈發射等。如美國的「647」預警偵察衛星在1971~1974年間，就曾探測到前蘇聯、中共和法國等三國將近1000多次的導彈發射試驗。預警衛星上的紅外線探測器可以在敵方洲際導彈起飛後60秒發現導彈，從而實施攔截並提供必要的預警時間及準備。

(二)導引與自動尋標

紅外線導引與自動尋標的技術主要用於導彈尋標頭，紅外線導引導彈尋標器接收從目標輻射和反射的紅外線能量，將其轉換為紅外線圖像，經過圖像處理技術，產生瞄準目標的角誤差信號，送至導引系統，導引導彈對準目標攻擊，美國國防部一份調查研究報告中，1975~1985年間全世界在作戰

中損失的戰術飛機有90%是被紅外線導引彈所擊落的。基本的紅外線導引方式有：點源導引、成像導引紅外線及毫米波複合導引等方式。

1.點源導引

是將目標看做一個熱點源，導彈經過尋標頭鎖定跟蹤目標的最熱部分。60年代的越戰和1973年第四次中東戰爭中，蘇製SA-7紅外線導引彈擊落多架飛機。美國的紅外線導引「響尾蛇」導彈也在1981年利比亞空戰中，擊落兩架蘇製殲擊機；1982年英阿福克蘭戰爭，英軍發射27枚「響尾蛇」導彈擊落阿軍24架飛機；同年，以色列也用「響尾蛇」導彈擊落敘利亞飛機29架。

2.成像導引

是更先進的紅外線導引方式。目前先進的紅外線成像尋標頭採用凝視型紅外線焦平面陣列，可以像人的眼睛一樣，使視野中的場景同時在焦平面上成像，在此之前的紅外線成像系統需要逐點或逐線掃描成像，成像速度受到限制。凝視型紅外線焦平面陣列成像清晰，成像速度快，解析度高，且體積和重量都很小，紅外線成像導引就是運用智慧的信號處理方法，自動地從紅外線焦平面圖像上檢測、跟蹤和識別目標。這一過程全部由導引系統的信號處理器自動完成，因而是自主式尋標導引。它具有很強的抗干擾能力，能夠從複雜背景和噪音中檢測目標。同時，由於成像清晰，解析度高，目標定位精準度很高，跟蹤速度快，是優先使用的精準導引方式，各國競相研究發展這種技術。

3.毫米波與紅外線複合導引

是當今另一種的導引方式，主動式

毫米波雷達導引的空間分辨力好，天線體積較小，不易受到干擾，能夠穿透雲層、濃煙、灰塵和濃霧探測到目標，而紅外線被動導引成像清晰，導引精準度和命中率高，將這兩種導引方式結合在一起，可取長補短，發揮各自優勢，提高全天候作戰能力和干擾能力。

(三)通信

與我們日常所聽到的無線電廣播類似，以紅外線輻射的平行光束作為載體，以發送的資訊微調制信號，將資訊以紅外線的形式發射出去，接收端接收到這束紅外線時，根據強度的變化就可以擷取其中的資訊。與微波通信相比，紅外線通信具有更好的方向性及保密性。

二、雷射技術

雷射也是一種光，它與普通光的不同之處在於，雷射是處於激發狀態的原子（或是離子、分子等）受激輻射產生的。而普通光是自發輻射產生的。與普通光相比，雷射具有方向性強、亮度高和單色性好等優點。例如一束雷射傳送到100公尺左右時，其光直徑不到5毫米，傳送20公里處也不過是茶杯口的大小而已。輸出功率僅為一毫瓦的氦氖雷射器所發出的雷射亮度，是地球上看到太陽的表面亮度的44倍。大功率雷射器輸出的雷射亮度，可以比太陽的表面亮度高出幾百億倍。因此，雷射在軍事用途上有廣泛的運用價值。

(一)偵察、跟蹤和測距

雷射雷達是60年代後期發展的新型雷達，它可以測定目標的距離、高度和方位，跟蹤飛行中的導彈。雷射雷達測量精度高、速度快、設備簡單、抗干擾性能好。它的主

要缺點是不能全天候使用，作用距離受天氣和戰場條件的影響大。為適合全天候作戰，需要與微波雷達配合使用。地面雷射雷達主要用於對衛星和導彈的跟蹤與測量，機載雷射雷達具有防撞、導航和火控的功能。據報導，以色列的機載雷射雷達可以探測到幾毫米細的電話線，而一般雷達連20釐米粗的電線桿也難以發現。例如在1982年與黎巴嫩的戰爭中，以色列飛行員就憑藉著這種雷達，駕駛超低空飛行的飛機，準確的用機翼切斷電話線，從而切斷了阿拉伯國家的有線電通信連絡。

(二)導引

雷射導引是繼雷達、紅外線之後發展的一種精準導引技術。根據具體技術不同，分為波束導引、半自動式導引和全主動式導引，本文僅簡述後面兩種導引方式：

1. 半主動式雷射導引

是利用裝在地面或飛機上的雷射照射器向目標發射雷射束，目標表面反射的雷射信號由安裝在導彈頭部的目標尋標器接收，然後經過控制系統將導彈引向目標物。這種方式由於雷射照射與導彈發射點分開，安裝使用靈活，是目前比較成熟的雷射導引方式。

2. 全主動式雷射導引

是將雷射照射器與接收器都安裝在彈體上，由導彈（或其他彈體）本身發射雷射束，並接收目標的反射信號，導引導彈飛向目標物，這是一種較新的導引技術，但尚未成熟。

雷射導引具有許多的優點，由於雷射具有很好的方向性，因此導引精度高。如越戰中，美軍平均使用普通炸彈210枚，才

能命中目標一枚，而使用雷射導引炸彈後，在有統計的2721枚雷射炸彈中，命中目標有1675枚，命中率約為61%。雷射抗干擾能力強，雷射的方向性強、單色性好、能量集中，使雷射抗背景干擾能力比紅外線和可見光都強，同時不受無線電干擾。

雷射導引系統結構簡單，成本低，雖然雷射導引武器的單價昂貴，但由於精度高、命中率高，整體的效能也相對提高了。雷射導引炸彈的價格是普通炸彈的三倍，殺傷效能卻相當於100枚同當量的普通炸彈。雷射導引缺點：受天氣和戰場條件影響大，不能全天候作戰，主動發射雷射波束易暴露，存活能力與大範圍搜索能力較差。

(三)高能雷射武器

利用受激輻射效應形成強大、方向性集中、單色性好的雷射束，直接殺傷敵方作戰人員、破壞敵方作戰設施、摧毀目標或使其失能的武器稱為雷射武器。它主要經過在目標上迅速產生高溫來實現的。雷射武器具有超強的破壞力，受到各國的重視。如1983年，美軍使用機載雷射砲實驗「反導彈」作為，從波音飛機上射出一束功率微400KW的雷射，一次就把5枚空對空「響尾蛇」導彈給擊落。

除了上述紅外線和雷射技術以外，尚有紫外線、可見光、微波及多波譜等光電技術，本文在此不詳加敘述，留待後續研究。

光電電子戰

光電電子戰主要包括：光電偵察、光電攻擊及光電防護等三種。

一、光電偵察

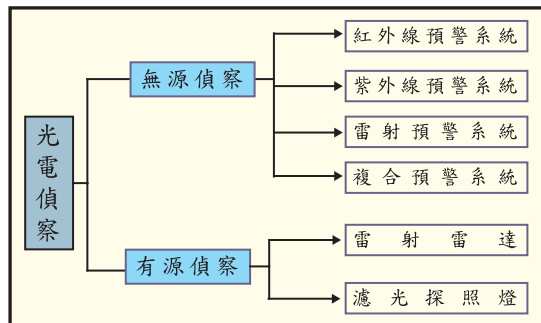
光電偵察就是利用光電探測設備，對

敵方光電探測、導引、武器控制和通信系統進行偵察，從而獲得敵方光電設備等的有關資訊，如技術參數、配置和使用情況，為後續光電攻擊和光電防護提供參考運用。

光電偵察可分為主動式偵察和被動式偵察兩種。主動式偵察又稱為有源偵察，就是經過發射設備主動向目標發射雷射或紅外線波束，並接收從目標反射回來的信號，以獲得目標的相關資訊，如濾光探照燈、雷射雷達等。被動式偵察又稱為無源偵察，就是本身不發射光電信號，而經過探測器探測接收目標發射或反射的光電信號，如紅外線、紫外線及雷射預警系統等。光電偵察技術分類如圖一，以下簡述幾種技術。

(一)紅外線預警系統

是應用較為廣泛的預警系統，裝載於低軌道衛星或飛機上的高靈敏度紅外線探測器，能夠在敵方導彈發射階段即可偵測到導彈的紅外線輻射源，並持續跟蹤，計算導彈大致攻擊的位置及飛行彈道，或者在導彈企圖接近時，偵測導彈本身或發動機的紅外線輻射，識別攻擊導彈的真偽，判斷威脅程度，將這些資訊即時傳送至地面的指揮管制中心，為後續實施攔截提供充裕的預警時間。預警系統需要較廣的視角，因此一般要



▲圖一 光電偵察技術分類

由多個感應器組合而成，同時要求必須低的虛警率。如AN/AAR-47是美國使用最多的紅外線預警系統，它主要是對地對空紅外線導引導彈進行偵測和預警，裝在飛機上，它由響應波段為0.4~1.1微米的四個紅外線探測器、信號處理器和顯示器等所組成，能夠識別攻擊導彈和誘餌，判斷多個目標的威脅程度，並根據威脅程度發射紅外線或者干擾絲。

(二)紫外線預警系統

目前正研製中，使用紫外線波段的優點在紫外線區，由空間背景造成的紫外線輻射非常的小，且位於太陽的盲區，系統避開了最大的自然光源，從而使系統可以獲得較佳的信號雜音比，降低了目標檢測的難度。目前，高靈敏度紫外線探測器的研究已獲得突破性的進展，並進入運用階段，與紅外線探測器相比，紫外線探測器不需冷卻，結構簡單、重量輕、體積小。紫外線預警系統將成為光電電子戰領域的一個新手段。

(三)雷射預警系統

是一種為防護受到雷射導引導彈的攻擊，而探測照射到己方目標的雷射波，產生預警的系統，它可由機載、艦載、車載等多種型式，在世界各國有多種應用系統。其優點為體積小、重量輕、抗干擾能力強等。

二、光電攻擊

光電攻擊的主要手段是光電干擾，是在光電偵察基礎上，利用光電技術和設備，壓制、欺騙和擾亂敵方光電武器裝備，使其不能正常工作或完全失能的一種作為。其分類有有源干擾及無源干擾等兩種工作方式，光電干擾技術分類如圖二：

(一)有源干擾

是採用強光束或干擾信號，直接進入敵方光電感應設備，使之失去作戰能力，其工作方式又分為壓制式和欺騙式等兩種干擾方式。

1. 壓制式干擾

使用強脈衝波雷射束或連續波雷射束，直接照射敵方導彈或光電設備，使其光電武器裝備失去作戰效能，或使作戰人員致盲。包括有致盲式干擾、摧毀式干擾、脈衝式干擾及紅外線調制干擾等多種作戰方式。如第二次世界大戰的柏林戰役中，蘇聯為增大其攻擊的突然性，曾使用143部探照燈所組成的強光源，照得戰壕裡的德軍眼睛睜都睜不開，這使得蘇聯一舉突破了德軍的外圍防禦。

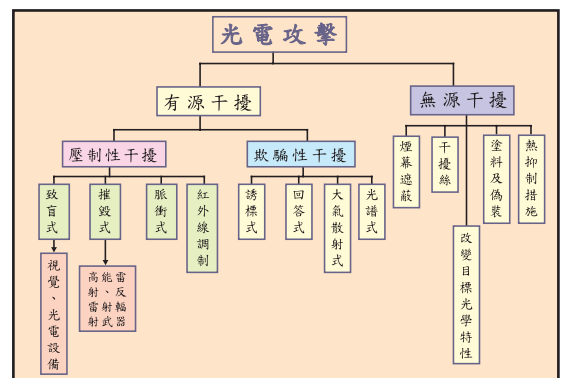
2. 欺騙式干擾

就是採用欺騙的方法，把敵方武器系統（如導彈）導引至假目標，主要包括有下列幾種方式：

(1) 回答式干擾

與雷達回答式干擾相似，當收到敵方光電信號後，發射一個或數個假信號，從而使敵方收到錯誤的信號。

(2) 誘標式干擾



▲圖二 光電干擾技術分類

就是用假目標或假信號使得來襲的光電導引武器偏離正準方向而失效，包括有雷射誘標和紅外線誘標等兩種。雷射誘標通常用於誘騙雷射導引武器，當發現目標受到敵方導引只是雷射照射時，立即發射雷射的有關參數和編碼結構相同的雷射束，照射遠處反射較強的角反射器，產生一個更強的反射光束，引誘雷射武器去攻擊假目標。紅外線誘標是當前使用最為廣泛的一種光電干擾方式，主要是經過發射紅外線干擾彈，誘使敵方去攻擊假目標，有凝固油劑類紅外線輻射源、紅外線氣球誘標、紅外線干擾絲、紅外線煙幕等等的種類。

(二)無源干擾

即利用本身不產生光譜輻射的干擾物，反射和吸收敵方光電信號，從而干擾敵方光電系統，無源干擾的技術方法簡單、容易實現、效果好，有下列幾種：

1.塗料及偽裝

在被掩護的目標表面塗上吸收率較高的塗料，使目標的光電回波信號變為微弱或者全部吸收，使敵方光電系統無法探測到目標。

2.煙幕遮障

利用紅外線和可見光波長的雷射無法穿透煙幕的弱點，在目標遇到雷射照射時，立即釋放煙幕，阻礙雷射束和紅外線輻射的傳播，致使導彈無法命中目標，它是對抗雷射武器最有效的手段之一。

3.干擾絲

是在金屬箔條塗上發熱塗料或鍍上薄膜，於空中形成「熱雲」或雷射「反射雲團」，以引誘光電導引武器。

4.熱抑制措施

是運用各種方法遮蔽或降低我方設備的輻射特性或功率。

三光電防護

光電防護包括光電的反偵察和反干擾，是根據光電偵察和光電攻擊的基本原理和方法而採取的對抗措施。這些措施可以從頻率、時間、空間等來加以防護：

(一)頻率

變化雷射雷達的發射頻率，或在接收端設置光學濾鏡來消除干擾波等。

(二)時間

採用與脈衝雷達類似的頻率捷變和脈衝編碼技術。

(三)空間

利用目標與干擾在空間幾何特性（如位置、形狀等）上的差異，識別目標與干擾。

目前，多波譜技術、紅外線成像技術、各種背景與目標識別技術等都已經被廣泛地運用於光電防護作為上。

結論

目前，光電技術在軍事裝備與武器系統中得到相當廣泛的運用，可從近幾次局部戰爭中得以證明，已有將近60%以上的導引武器系統使用了光電導引技術。隨著軍事科技的快速發展，光電技術在軍事武器裝備中的核心支撐作用愈來愈顯重要，因此為了削弱敵方的作戰能力，保證我方整體作戰能力的發揮，也就更加遽了光電電子戰的發展。

本文主要以光電相關技術領域為標的，探析其於現代戰場中的各項裝備或武器中之運用，並藉本文之探討及闡述使能將電子戰的範疇予以擴大，不僅侷限於通信電子

戰的作為而已，以致無法發揮聯合電子戰之戰力；另有關電磁頻譜戰爭中的相關電子戰運用作為，也是當前亟待研究的課題。

參考資料

- 一 前瞻民國一百年陸軍通信兵建軍方向研究論文集，陸軍通信兵89年軍事學術研討會，民國89年3月。
- 二 民國一百年兵種建軍方向研究論文集，陸軍89年度第二次軍事學術研討會，民國89年4月。
- 三 周一宇，徐暉，電子戰原理與技術，（北京：國防工業出版社，1999年5月）。
- 四 沈偉光，21世紀軍事科技，（北京：新華出版社，2002年）。
- 五 王殿勇，雷達對抗，（北京：國防工業出版社，1979年）。
- 六 王培昆，孫大喜，第四維戰爭，（北京：國防大學出版社，1991年）。

- 七 鄭長興，李國亭，電子戰與電子戰武器，（北京：軍事誼文出版社，2001年9月）。
- 八 孫傑譯，最尖端武器－電子戰力，（信宏出版社，民國89年2月）。
- 九 「『整合』－武器裝備發展的潮流」，<http://210.79.226.16:81/cetin2/xw/xxz/2001/26/xx-264.htm>。
- 十 「來網電一體戰」，<http://61.132.118.167/www/junqu/gfjy-08.htm>。

作者簡介

洪仁福上校，中正理工學院專5期，陸軍指揮參謀學院83年班、國防管理學院戰略班90年班。曾任排長、連長、營長、參謀、主任教官、軍團組長、通資署副組長。現任陸軍通信電子資訊學校電子電戰組組長。

通信電子資訊學術半年刊第一〇〇期勘誤表

項次	頁數	行數	錯誤	更正
1	5	右欄第 13 行	2 千百萬民眾	2 千萬民眾
2	16	左欄第 15 行	違犯	違反
3	24	右欄第 11 行	迴異	迥異
4	31	左欄第 21 行	第四師	第四步兵師
5	40	右欄第 7 行	指管通資情監偵蒐	指、管、通、資、情、監、偵
6	53	提要第 3 行	偵搜	偵蒐
7	60	左欄第 29 行	如圖七	如圖八
8	60	右欄第 5 行	如圖八	如圖七
9	61	左欄第 1 行	-113dBm，(為未...	-113dBm(為未...
10	61	左欄第 4 行	由圖上	由圖七
11	61	左欄第 16 行	-113dBm，(為未...	-113dBm(為未...
12	61	左欄第 19 行	由圖十	由圖九
13	62	左欄第 11 行	混合防防護	混合防護
14	68	圖四圖名	繪圖引擎性能圖[1]	繪圖引擎性能圖[2]
15	68	圖五圖名	繪圖引擎性能圖[1]	繪圖引擎性能圖[3]