

新編

世界文庫

衛 星 通 訊

祁 倫 編 著

世界書局印行

7.2

2

新編

世界文庫

衛 星 通 訊

祁倫編著

世界書局印行

中華民國五十九年十月初版

衛 星 通 訊

基 本 定 價 捌 角

編 著 者 祁 倫
發 行 人 吳 先

內政部登記證版臺字第〇一八八號

出 版 者 印 刷 者 發 行 者
世 界 書 局

臺北市重慶南路一段九十九號

版權所有 翻印必究

2 衛星通信

一、電視發射系統·····	42
二、電視接收系統·····	44
三、電視系統標準·····	45
四、衛星彩色電視·····	47
第三章 衛星通信的應用與發展 ·····	54
第一節 衛星通信方式·····	54
一、通信範圍·····	54
二、通信方式·····	55
第二節 衛星通信的運用·····	59
一、衛星通信運用的特性·····	60
二、衛星通信運用系統·····	65
第三節 衛星通信的發展·····	68
一、甘迺迪太空中心通信系統·····	68
二、日光能通信的研究發展·····	70
三、衛星通信系統的研究發展·····	76

第二篇 電子通信系統

第一章 基本電子學 ·····	85
第一節 什麼是電子波·····	85
第二節 電子學與電子通信·····	88
一、電磁波的世界·····	90
二、電磁波的傳播方式·····	95

三、極低頻率電磁波的傳播特性·····	96
四、調頻無線電的基本原理·····	97
第三節 電子學基本觀念之演進·····	104
一、固態電子·····	106
二、電子管·····	107
三、超導體·····	109
四、電源·····	111
第二章 電子通信基本原理·····	113
第一節 電子如何傳遞音訊·····	113
一、對流層散射通信如何傳遞音訊·····	114
二、無線電磁波如何傳遞音訊·····	117
三、有線電通信如何傳遞音訊·····	118
四、傳真照相·····	120
五、電視廣播如何傳遞音訊·····	121
六、雷達如何工作·····	126
第二節 衛星通信勤務系統·····	130
一、衛星通信電子與太空·····	131
第三節 衛星通信電子基本原理·····	134
一、打字電報的基本原理·····	134
二、電話的基本原理·····	137
三、載微波通信基本原理·····	139
四、無線電機工作基本原理·····	141

4 衛星通信

五、雷達的基本原理·····	143
六、電視的基本原理·····	143
第三章 電子通信的應用與發展 ·····	144
第一節 電子通信的應用·····	144
一、地面通信·····	144
二、大氣階段電子通信系統·····	147
三、定軌階段電子通信系統·····	148
四、太空通信的幾個問題·····	148
第二節 電子通信的發展·····	150
一、有線電通信系統·····	153
二、無線電通信系統·····	153
三、無線電中繼通信系統·····	154
第三節 電子通信運用特性之發展·····	154
一、多能性·····	154
二、綜合性·····	154
第四節 衛星通信技術的發展·····	157
一、太空科學方面·····	157
二、太空電子學方面·····	158
三、太空通信學方面·····	160
第五節 月球中繼通信系統的發展·····	161
第六節 電子系統的發展·····	164
一、主動式元件·····	165

二、被動式元件·····	166
三、電子元件小型化的發展·····	167

第三篇 雷閃通信系統

第一章 雷閃通信概述 ·····	169
第一節 什麼是雷閃·····	169
第二節 雷閃簡史·····	171
第三節 梅氏雷閃·····	172
第四節 脈動反射器雷閃·····	174
第五節 由邁閃而雷閃·····	176
第六節 雷閃的功能·····	177
第七節 雷閃的種類·····	178
一、固態雷閃·····	179
二、液態雷閃·····	181
三、氣態雷閃·····	182
第八節 雷閃的潛能·····	182
第九節 雷閃的性能測定·····	183
一、雷閃如何輸出·····	183
二、雷閃放射之光譜測定·····	185
三、脈波雷閃能量的測定·····	187
四、雷閃光束調變附着檢波·····	187

第一篇 衛星通信系統

第一章 衛星通信發展簡史

第一節 衛星通信的急迫性

由於非洲及亞洲新興國家的不斷出現，和世界其他國家經濟的不斷發展，通信對人類進步及公私事務的處理所扮演的角色，其重要性是與日俱增的。

美國電話及電報公司總經理 佛列德瑞克·R. 凱波 (Frederick. R. Kappel)，在說明該公司何以以私人企業，投入龐大人力與財力研究發展衛星通信的原因時說：「在1940年，世界人口約為二十二億五千萬，其中一億三千二百萬為美國人，當時全世界共有電話機四千二百五十萬部，其中二千一百萬部用於美國。在1960年時，世界人口約為二十九億，美國人口已接近一億八千萬，全世界共有電話機，已達一億三千三百萬部，其中七千一百萬部用於美國。

這個資料，說明了當世界人口增加約30%時，電話機的總數便增至三倍。

美國著名的太空科學家賀爾米斯 (Holmes) 在其「太空研究過程中的一些利益」一文中，指出美國在1960

2 衛星通信

年前，海外電話通信的數字，較上一年增長15%；平均五年增加一倍。在1961年，其增長率為20%。當某一個國家的經濟力量提高時，其通信需求量的升高，幾乎與其平均國民所得成正比。當六十年代開始時，世界的電話機總數量約三億部；到1970年代，已達四億部；在1980年代到來時，預料全世界將超過五億部電話機。當電話機數量增加時，海外商業、政治及外交、各國人民之間的通信次數，也就隨之增加。在1945年，即第二次世界大戰的最後一年中，雖說有陸海空軍的驚人需求，但全世界每1000部電話機中，只有7次作海外通話；當戰爭結束後，通話的需求率繼續升高，到1950年，在每1000部電話機中，其海外通話已高達25次。負責全美國海外電話事業的美國電話及電報公司，預測從1980年起，每1000部電話機中，海外通話將超過200次；如果全世界的電話機總數量，真的如預測那樣在1980年時便超過五億部，則海外通話的年度要求，便達到一億次甚或超過此數，較六十年代初期的70萬次增加極多。以此等電話需求，再加上私營商業線路及政府線路所預料的必需增加，則所需佔用的通信電路將多至一萬二千路之多。以目前的電纜工藝技術狀況而言，此種數量的電路，將需要海底電話電纜50付，這將是一筆天文數字的經濟耗費。

由電離層所反射的短波無線電被用於長途電話通信，因為易受太陽閃光的阻擾，所以不甚可靠。同時，又僅有少數無線電頻率能够使用，而且該等頻率又正在使用中。在較高的各微波頻率中，雖不像其他部份的無線電光譜之擁擠，但其訊號像光的射線一樣在直線情況下射出。所以，由於地球表面的弧度關係，在兩點之間，其可靠的發射距離不會超過30哩。在陸地上，每隔30哩可建立微波中繼站的長連鎖，以供長途電話及電視之用，但此系統難以橫渡海洋。而且，陸地上建立中繼站的人力與物力之消耗，不是某國營或私營企業通信機構所願投資的。因為，巨大投資，需要相等或超過投資的報酬收入，如此勢必大為增加用戶負擔，影響通信事業的發達。

世界上只有美國的電話及電報事業是私人企業團體經辦的，那就是美國電話及電報公司。該公司與外國的政府經過協議，在指定的外國境內，辦理通信業務以提供美國顧客與海外電話的勤務。該公司曾調查世界通信量的需求及通信設施的成本，肯定使用衛星擔任通信中繼任務，是公元2000年前最廉價也最適應未來需求的通信方式——前者符合商業利潤，後者符合世界發展需要。

第二節 衛星通信的研究發展

當富裕的美國電話及電報公司，肯定發展衛星通信

確屬必要的時候，便在美國政府法令規章下，決定以極大經費投資解決以實用為目標的通信衛星之研究發展，要求美國航空太空總署促使各種火箭及發射勤務的支援，進行地面的和太空的各種實驗，由該公司支付一切費用。

該公司一位名叫皮爾斯 (John R. Pieres)，早在1954年，也就是人造衛星射入軌道的前三年，就已慎重地思考到如何利用衛星擔任通信。他曾研究各種方法執行此項工作。他在1955年所發表的一篇技術文獻中，即率先提出有關衛星通信的具體建議。當時製造火箭的技術剛剛起步，某些電子工程技術亦付闕如。於是，該公司的人員，便從電子方面着手研究，當時並相繼研製成立一些電子裝置，例如一種新型的接收天線與一些新式的放大器，對日後的通信衛星之實際工作便極具價值。

更早以前的一位科學家傑夫先生(J. G. Chaffee)，於1930年為該公司設計了一套可以獲致一噪音極低的無線電接收機——除調幅回授接收機(Demodulation Feedback Receiver)，當時雖毫無用處，但它却成為今日接收衛星發射訊號的最佳接收機。傑夫先生發明的接收機，所以對太空通信如此重要，是由於它能將不需要的無線電噪音，較我們所欲接收的聲音訊號降低至100倍。太空中的噪音，為我們獲致良好衛星通信電路所必須

予以克服的一大難題，但由於聲音訊號非常微弱，以致使該項難題不易克服。這種訊號的微弱程度，有一趣味說明：假如筆者站在距地球陸地一萬哩處，手持一小型手電筒的瓦特電燈一具，那種由該電燈射到站在陸地上諸位面前的光量（亮），幾與自太空衛星反射回來的訊號強度相等。因此，在接收如此微弱的聲音訊號時，非使用靈敏性特別優異的裝備不可。而且在放大此一訊號的過程中，尚須盡一切可能將噪音予以降低。當然還有噪音以外的其他許多問題。不過，在1930年時，傑夫先生發明能使噪音較訊號減低一百倍的接收機電路，對衛星通訊的貢獻是非常大的。

美國電話及電報公司，一方面發掘該公司以往可資運用的衛星通信有關科技，同時積極推動新的研究發展，用經過實驗證明該項科技可作衛星通信的裝備，申請政府給予「先佔權」(Pre-Empt)。雖說太空總署同意先將各種火箭提供該公司實驗通信衛星，但是有關通信衛星的使用與所有權，在國會及政府中却有三種方案：一為由政府主辦；一為委托民營的私人企業公司辦理；一是聯合經營。這個方案包括美國各私人公司及外國政府的參加。然而，不論由政府佔有的優點如何，却遭到強烈的輿論和國會的聯合反對；政府又以政治理由反對將此項經營權，給予一個本身已極為富裕而又極為賺錢

的美國電話及電報公司；於是，第三方案的聯合經營，便被認為是一個解決爭執的較佳可行方式。

在聯營方式下，擁有最大資本、最多人才、以及佔美國國際電子通信80%以上經營總額的美國電話及電報公司，實際仍擔負衛星通信研究發展的主要工作。以下是重點概述——

一、衛星通信的軌道研究

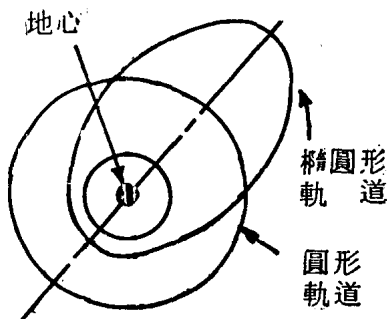
在1970年以前，在所有通信部門的工作者之思想中，無可置疑地，認為太空將成為通信活動日益重要的區域，只是一般人士對未來的這些活動，其範圍及能力尚無法完全確定。在1970年開始的時候，由於通信衛星的卓越表現，使人們認識了能够擔任話語、文字、圖表、數據等通信電視和傳真任務的通信衛星之工作能力。但是，這依然只能算是剛跨過實驗的試用階段。

通過試用階段進入實用階段，還有一段艱困的征程，除人為因素，特別是各國政治因素非本文主旨不予討論外，技術方面便有許多有待解決的問題，衛星的軌道便是其中之一。

所謂衛星軌道，便是「軌道參數」(Orbital Parameters) 的選定，用以確定通信衛星與地面的恰當關係，使滿足最佳需求。但是，通信衛星慣性軌道的運行路線，受到傾斜度、週期、偏心率近地點引數，以及射入

點等因素的影響極大，必須一一妥善計算，慎重思考對策才行。

根據德國天文學家克普勒 (Kepler) 及牛頓的定律，在軌道中運行的物體，除已脫離地心引力者外，僅有兩種形狀的軌道可循，此即圓形與橢圓形。而這兩種軌道的運行面，均包含地心 (Center of Earth) 在內，如附圖一所示，橢圓形軌道以地心為其焦點；圓形軌道則



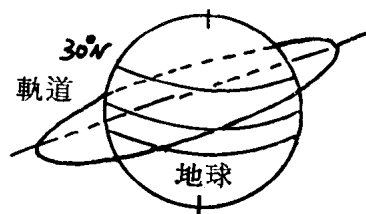
(圖 1) 軌道途徑

以地心為其圓心。地心在內的平面可多至無算，因此軌道的數目也就多至無窮。但在檢視這些軌道的行徑時，須採用三向度的立體觀念，也就是軌道在其運行面上的形態和大小，以及運行面和地球的相關位置。

上文曾述及決定通信衛星軌跡時，必需掌握傾斜度、週期、偏心率及近地點引數，射入點等因素所共同構成的影響，才能獲得最佳軌道。茲分述要點如下：

(一) 傾斜度(Inclination)——這是通信衛星軌道

面與地球赤道所構成的角度，又稱軌道傾斜度，以 i 表示之。當 i 等於零時，軌道面與赤道面重合。當 i 等於 90 度時，軌道面包含兩極。0—90 度間的軌道，稱正向軌道，也就是向東運行的軌道；90—180 度間的軌道，稱反向軌道，也就是向西運行的軌道。傾斜度的數值，



(圖 2) 傾 斜 度

以射入點的緯度及射入的真向或方位決定，可由下式求得：

$$\cos i = (\cos \text{緯度}) (\sin \text{方位})$$

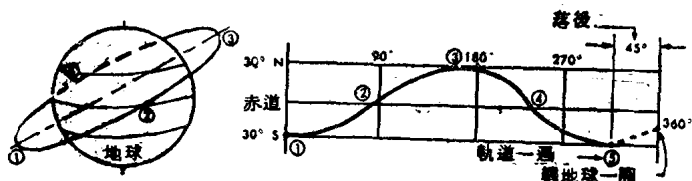
附圖二所示，為傾斜度對地面軌跡的影響。從圖中可以看出，不論軌道的大小及其形態如何，其南北運行的極限，均落在與傾斜度相等的緯度上。例如某衛星的傾斜度為 30 度，則其地面軌跡將限制在南北緯 30 度之間。但其軌跡的形狀，則由其他因素決定。

(二) 週期(Period)——這是通信衛星在其慣性軌道上運行一週所需的時間，以 P 表示之。按克普勒的推論，週期乃是軌道的半主軸 A 的函數，半主軸即近地點

(Perigee) 與遠地點 (Apogee) 距離之半。或以下式表示之：

$$P = K(a^{\frac{3}{2}}) \quad \text{式中 } K \text{ 爲常數。}$$

若地球不自轉，則描繪任何一種軌道都是輕而易舉的事。一般而言，除通過兩極或在赤道面上的軌道外，均能以一曲線表示其連續相同軌道之軌跡。但事實上由於地球自轉的關係，使之趨於複雜。地球不斷地以每小時15度的角速度向東旋轉，以至地球表面軌跡上各點的瞬息東向速度亦因其緯度的不同而異。在赤道上東向速度最大，兩極為零。因此，週期對正向軌道地面軌跡的影響，乃是減少東向的位移，其量則相當於此時間內地球自轉之量。假如一通信衛星的軌道爲圓形，傾斜度爲30度，週期爲3小時，則於射入點西方45度經度處上空，軌道即完成一週的運用如圖三所示。此45度乃是第一次3小時週期中、地球向東自轉的度數，嗣後地面的軌



(圖3) 週期效應

跡，亦將每週期向西落後45度。當通信衛星越過其射入點的經度時，才真正環繞地球一圈，因此環繞地球一圈