

流星余迹通信

中国科学院
电子学研究所

45

73.45
335
:3

流星余跡通信

苏联 M. H. 阿隆耐著

王 爵 骐 譯

朱 邦 俊 校



М. Н. АРОНЭ
МЕТЕОРНАЯ РАДИОСВЯЗЬ
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА—1960

内 容 提 要

本书介绍了流星现象、流星余迹通信的基本知识、流星余迹通信设备的一般工作原理，最后并对流星余迹通信的优缺点以及发展前途加以简短的讨论。

流 星 余 迹 通 信

著 者：苏联 М. Н. 阿 隆 耐
译 者：王 爵 骥
校 者：朱 邦 俊
出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四6条13号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

发行者：新 华 书 店

开本 787×1092 1/32

1964 年 2 月北京第一版

印张 2 50/32 页数 47

1964 年 2 月北京第一次印刷

印刷字数 65,000 字

印数 1-3,050 册

统一书号：15045·1374—无377

定价：(科六) 0.38 元

譯者的話

流星余跡無線電通信是一種比較新穎的通信方式，具有一系列獨特的優點，很有發展的前途。許多國家都在積極進行研究試驗。不過目前這種通信方式尚未脫離試驗階段，系統論述介紹的書籍尚不多見。這本小冊子是作者根據國外期刊上發表的有關文獻寫成的。由於原書是供軍事通信人員閱讀參考的，故書中所提的具體材料多是國外軍事通信電路的試驗記錄資料。這些材料對於我國從事無線電通信工作的人員有一些參考價值，對於無線電愛好者也可作為了解無線電技術發展的讀物閱讀。



104257

然而，只是最近几年来由于无线电技术及广泛采用雷达观测流星的流星射电天文学的巨大成就，实际运用这种流星反射信号的现象才成为可能。

借助于雷达设备，天文工作者第一次能够昼夜不断地观察流星现象：系统地测量流星的高度，它们进入大气中的速度、运动的方向以及它们的数量的每小时、每昼夜变化。

还在1944到1947年，苏联、美国及英国就开始系统地用雷达观测。结果发现，在白天有流星流，并获得流星数量随时变化的珍贵资料。

由于采用无线电方法而在流星天文学中获得的成就，反过来又推动了新的无线电技术和设备的发展。

当流星余迹或任何其他物体被雷达照射时，雷达接收机所收到的，仅仅是被流星余迹“往回”反射的那部分电波能量，即与辐射方向相反的、朝雷达反射的那部分能量。往其他方向，特别是“前向”反射的能量则未被利用。这样便自然地促使我们想到，是否可利用这前向反射的能量来正常地传送消息。

到四十年代末为止，流星天文学中积累的数据，以及由于流星余迹反射作用而能不止一次地远程接收超短波的现象，使我们有理由相信，具有诱惑性的“流星”无线电通信一定能实现，且这种通信方式将有一系列的宝贵特性。

首先我们假定，在以雷达观测流星的过程中已被掌握的超短波米波段内，由于利用了流星反射现象，一定会使通信距离大大增加。这种假定已为加拿大及美国在1950至1956年间进行的研究证实了。用特制设备实现了打字电报、传真电报及电话的“流星式”通信。试验性流星余迹无线电电路的运用表明，在米波段内，利用功率为几千瓦的发射机及普通的八木天线，通信距离就可达到1500公里。

众所周知，借助于对流层或电离层的超短波散射作用的系統要达到这样大的距离，发射机的功率需为几十千瓦，天綫必須非常庞大。

流星余跡通信的一个很重要的特性，就是通信的稳定性，它不大受电离层騷扰的影响。

研究信号的流星传播表明，电波的反射具有非常明显的方向性，这样便增强了传送的保密性，不易被窃听，并且容易防止干扰台的影响。

流星余跡无綫电通信的优点使我們认为这种通信是超短波米波波段內頗有前途的远程通信方式。不仅是民用通信，軍事通信对它也很感兴趣。所以許多国家的軍事部門中对流星通信系統进行着很多的研究与試驗。正在研制和試驗固定式与移动式（“大地——飞机”式）的流星通信系統^[10]。

在这本小册子中，試圖闡明利用流星电离大气来进行无綫电通信的一些問題。

第一章介紹流星的基本知識。如果讀者要进一步研究，可參閱 B. B. 費定斯基和 И. C. 阿斯托波維奇所著的书^{[2]、[3]}。

在第二和第三章里，研討无綫电波的流星传播的主要特征及反射信号的性质。第四章至第六章則探討流星通信系統的工作原理及国外試驗性流星余跡无綫电电路上使用的打字电报、電話、传真电报設備。讀者对流星通信电路的通信能力如感兴趣，則在第七章中可找到这方面的資料。在最后一章里，指出流星通信系統的优缺点，并指出用这种系統作为超短波米波波段內远程通信的一种新方式的可能性。

作者謹向閱讀手稿时提出許多宝贵意見的所有同志們表示謝意。

目 录

序言

第一章 流星	1
基本概念	1
流星微粒的数目和质量	2
流星流	6
第二章 无线电波的流星传播特征	11
电离余迹的形成及其特性	11
无线电波在流星余迹上的反射	15
反射区域在空间中的分布	20
第三章 反射信号的特点	22
反射信号的种类	24
反射信号的功率	26
反射信号的持续时间	29
反射信号数目的昼夜和季节变化	34
第四章 流星余迹通信系统的工作原理	36
基本工作原理	36
单向受控式传送	38
双向受控式传送	40
非受控式传送	41
国外试验性的流星余迹无线电通信电路	43
第五章 印字电报流星余迹通信系统	44
单向受控式传送系统	44
双向受控式传送系统	46
存储设备	53
流星余迹无线电电路的一些试验结果	58

第六章 在流星余跡无綫电电路上的电话和传真电报通信

.....	61
电话通信	61
传真电报通信	64
第七章 流星余跡通信电路的容量	67
基本关系	67
通信容量与无綫电电路基本特性的关系	71
第八章 流星余跡通信系統应用的可能性	74
流星余跡通信系統的优点（与电离层通信系統相比較）	74
流星余跡通信系統缺点	80
流星余跡无綫电通信进一步改善的可能性	81
結束語	82
参考文献	84

第一章 流 星

基 本 概 念

大量小而硬的微粒——宇宙物质碎片从宇宙空间不断地闯入以约 30 公里/秒的速度环绕太阳运动的地球的大气中。这些微粒或流星体的绝大多数，和行星一样，环绕太阳运动。

流星体和地球的相对运动速度是 12 到 72 公里/秒。流星体以这样的高速衝进大气时，由于和空气摩擦而灼热，熔化，并且在大多数情况下气化。这时，在海拔 120—80 公里处产生光带，好象“星星掉下来了”(图 1)。大气中的这个现象称做流星，它在希腊文中的含意是“在空气中气化”。

晴朗无月的夜晚，用肉眼每小时可观察到 2 到 20 个流星，并且它们的亮度通常相当于 1—4 等星^①。较暗的流星可用望远镜来观察(这种流星称为望远镜流星)，更暗的流星(约为 12 等星)则只能用特种雷达根据大气中被电离的流星余迹来跟踪。

非常亮的流星称为隕星。它的亮度超过金星，有时甚至超过满月时的月亮。隕星是由重量为数公斤的巨大流星体产生的。这样的物体在大气中还没有来得及完全粉碎，就成为石块或铁片——隕石落到地球上。

隕星是很罕见的天体现象；例如，苏联的天文学家 И. С. 阿斯托波维奇在他所观察的 37000 个流星体中一共才发现 87 个隕星。由于隕星出现得这样少，我们对隕星用作流星通信便不

① 最亮的恒星和流星属于一等星，最暗的但能为肉眼看见的为六等星。例如，北极星的亮度相当于二等星。比一等星还亮的星体按照增强的亮度用负数 0、-1、-2、-3 等来表示。

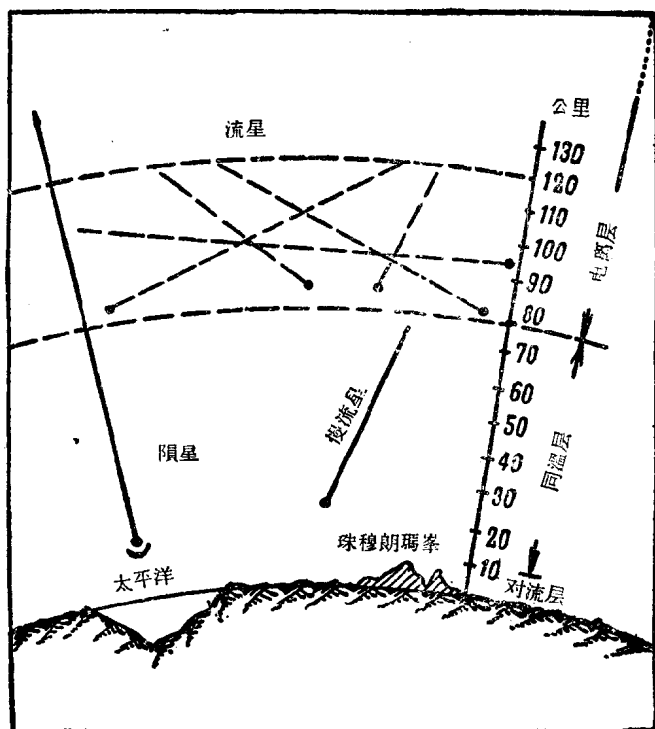


图 1 在地球大气中的流星和隕星

感兴趣。

流星微粒的数目和质量

观察表明，进入大气中的小微粒比大微粒多。这样，灵敏的雷达设备所能发现的微弱流星每秒就出现一次，甚至在更短的时间内就出现一次，可是，肉眼看到的流星则平均每小时约只重复出现八次。

可以极粗略地认为，单位时间内闯入大气中的微粒数目与

它們的质量成反比:

$$n = \frac{k}{m}, \quad (1)$$

式中 m ——微粒质量;

n ——质量大于 m 的微粒数目;

k ——由昼夜、季节、所在地的緯度和其他因素决定的常数。

公式 (1) 的关系可用表 1 来说明, 它表示在一昼夜中进入地球大气的流星微粒数目如何随其质量而分布的关系。

流星微粒的数目随其质量而分布的关系^[5]

表 1

流星的亮度 (几等星)	微粒质量 m	每昼夜微粒数目 n	备 注
—10 → —3	500—100 克	300	計算数据 (外推法)
— 9 → —6	100— 10 克	2500	
— 5 → —4	10— 1 克	1.8×10^4	
— 3 → —1	1—100 毫克	4×10^5	
0 → 1	100— 10 毫克	10^6	观测数据
2 → 1	10— 1 毫克	3.6×10^7	
5 → 6	1—0.1 毫克	1.9×10^8	
7 → 9	0.1—0.01 毫克	3.3×10^9	
10 → 12	0.01—0.001 毫克	6.5×10^{10}	

从表中可作出如下結論。

当被观测的微粒质量降低为 $\frac{1}{10}$ 时, 其数目約增至十倍。

最小的、但还能用雷达方法根据大气中的电离余跡发现的流星微粒的质量 (表中最后一行) 約为 0.01—0.001 毫克。光是一昼夜內闖入大气中的这些微粒的总数就以数百亿計。按計

算数据，这样的微粒的尺寸約为 0.1—0.05 毫米^①。

流星数目随昼夜、季节的变化关系乃是一个影响流星通信經常性的重要特征。事实上，假如在某一电路上，一昼夜的第一小时内，譬如說，观察到 100 个流星，而在其余廿三小时内一个也观察不到，那么很明显，在这样的电路上就不可能进行經常的通信。

流星数目是怎样随時間变化的呢？这变化是由什么因素决定的呢？

某地在短時間間隔里产生的流星数目，每分钟和每天都作随机变化。但是，繼續不断的观察使我們断定，在长時間間隔中，流星的平均数目随昼夜、季节、当地的緯度等变化的关系具有足够的規律性。这样就确定了，在早上(約早晨 4—6 点钟)流星的数目，就較当地時間大約下午 6 点钟时的大好几倍。在图 2 中示出了一昼夜內流星数目变化的曲綫。这关系称做流星数目的昼夜变化。沿纵軸示出所謂每小时数——在 1 小时内观

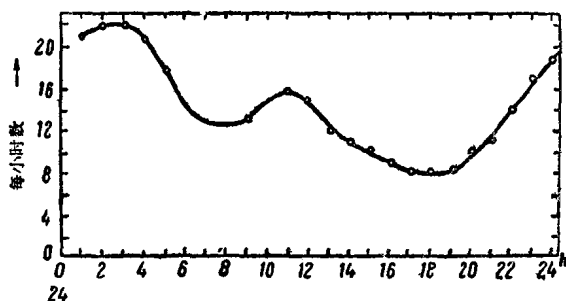


图 2 观察到的流星数目随昼夜的变化

① 有間接的数据表明，还有更小的微粒存在——甚至雷达站也不能发现的所謂宇宙尘。由于这种流星尘与地球的相对速度很小，它們进入大气中不发光，不留下电离了的流星余迹。

察到的流星数目。曲线是按照多次观察结果得出的每小时数而绘制的。

在一年内的每小时数变化称为流星数目的年变化。它的例子示于图 3。由图可见，在秋天流星比春天要多得多。

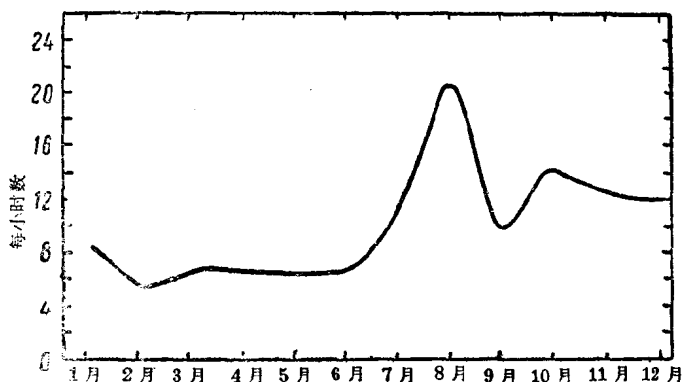


图 3 观察到的流星数目的年变化

流星数目的昼夜及年变化受所在地纬度的影响：发现昼夜变化在赤道最大，在两极则最小；而两极的年变化却大于赤道的年变化。

流星数目的昼夜变化决定于地球的自转，地球绕太阳的运动以及地球轴的倾斜。

假如地球真的不动，而流星微粒从各个方向均匀地进入大气，那么在地球上任何点观察到的流星数量将是常数。但是，由于地球在运动，所以在朝向奔赴点（地球朝着它运动的一个空间点）的一面看到的流星数目总是比较大，而在另一面则较小（图 4）。

早晨，奔赴点在地平线上升起来，由于迎面的和被地球追上的流星数目在增长，因而看到的流星数目也就增加了。晚上，当奔赴点在地平线下，观察到的流星数目就相应地减少。因此，流星数目的昼夜变化是由于一昼夜间奔赴点在地平线上高度的变化而引起的。

观察到的流星数量的年变化是因为在空间中沿着地球的轨道分布的流星微粒数目不均匀。

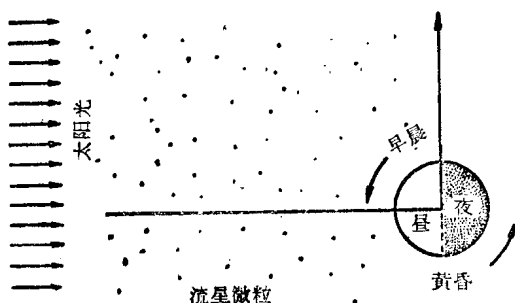


图 4 流星微粒数目昼夜变化的说明

上述的流星微粒按质量的分布及其数目的昼夜和年变化，对于从不同方向以相差悬殊的速度闯入大气中的微粒来说，都是

正确的。这样的流星微粒称做偶现流星。由此而产生的偶现流星在每天和每年的任何时候均能观察到，并且对流星无线电通信起主要作用。

流 星 流

在每年的某一固定时期内，由于地球和流星流相碰所观察到的流星的平均数目会激烈增加。在主要流星流起作用时，可用肉眼在每小时内看到 50—100 个流星。

流星流从几小时延长到几昼夜，并且它们大多数在每年的同一个时间重复出现。

与偶现流星不同，所有流星流都有规则地进入大气，它们以相同速度平行地运动。但是由于前景效应的影响，观察者感觉到流星流从天空的一个固定点，所谓辐射点，向不同方向散开。流星流的辐射点的位置以星座为背景，流星流就按照星座的名字而命名。这样，辐射点在英仙星座的八月流星流就称做英仙座流星流，在天琴星座的四月流星流称做天琴座流星流等

等。

周期地观察到流星流的原因是地球穿过其轨道与地球轨道相交的大量群聚的微小流星体(图 5)。大多数流星流中,流星体沿着流动的轨道分布得足够均匀,形成一个椭圆环(图 6, a)。所以这种流星流每年在地球与它们的轨道相交的时期内出现。这样的流星流的例子为英仙座流星流,地球与它相交时,穿过长度约一千万公里的流星体。在另一种类型的流星流中(图 6, b),流星体在很短的一段轨道中密集在一起(例如狮子座流星

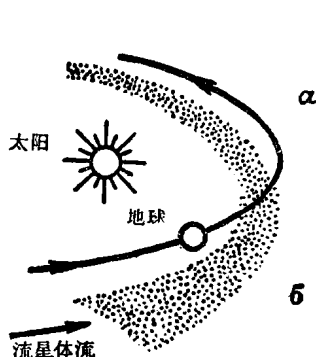


图 5 地球穿过流星流

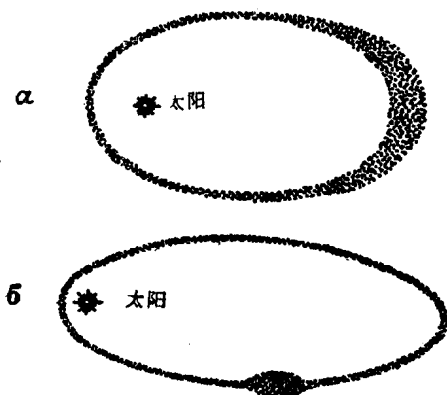


图 6 流星体按流星流轨道的分布
a—均匀分布; b—流星体密集在一段轨道上

流)。所以这种流星流的最大值很少碰到——仅在地球经过流星流微粒密集地段的时期才碰到。因此,在十九世纪中强烈的狮子座流星流(一小时有数千个流星)出现一次要 33 年(在 1833 年及 1866 年),等于这个流星流环绕太阳运行的周期^①。在通常年代,观察到的狮子座流星流的流星数目非常小——每小时约 12 个流星。

① 在 1866 年以后,地球仅与狮子座流星流的边缘相交,所以每小时的流星数目大大降低。

夜間与白昼的主要流星流 (按照密尔曼的结果) 表 2

次序号	流星流	最大值 的日期	辐射点的座标		每小时 流星 数 目	正常延 期 天	观察到的 地心 速度, 公里/秒	有关的 彗 星	附注
			α°	δ°					
1	象限仪座流星流	1月3日	231	+50	35	1	41		
2	阿乌利格座流星流	2月9日	75	+42	12	(5)			
3	天琴座流星流	4月21日	273	+34	12	2	48		
4	宝瓶 η 座流星流	5月4日	336	0	12	10	(66)	格列亚	
5	鲸鱼O座流星流	5月20日	30	-3	15	10	37		白昼流星流
6	英仙 ξ 座流星流	6月8日	62	+24	30	15	29		同上
7	天王卫一座流星流	6月8日	44	+23	45	20	38		同上
8	天蝎座座一箭环座流星流	6月14日	260	-26	12	80			
9	天龙座流星流	6月28日	220	+58	12(1916 年为40)	(5)		旁斯文乃克	
10	金牛 β 座流星流	6月29日	86	+18	35	10	31		同上
11	宝瓶 δ 座流星流	7月30日	340	-15	20	15	41		
12	英仙座流星流	8月11日	46	+57	50	20	61	1862 III	
13	查柯宾尼座流星流	10月9日	262	+54	1933年 20000 1946年 1000	1	23	查柯宾尼——采森拉格列亚	
14	獵戶座流星流	10月20日	95	+115	20	10	66		
15	金牛座流星流	10月31日	54	+17	12	30	30	恩凯	
16	北天王卫一座流星流	11月12日	50	+22	15	(5)			
17	仙女座流星流	11月14日	24	+44	在1872, 1885年 5000到 10000	5	72	比艾拉 I (仙女 I)	
18	獅子座流星流	11月16日	152	+22	20 (1833 年为 10000)	5	72	1866 I	
19	双子座流星流	12月13日	113	+32	40	5	35		
20	小熊座流星流	12月22日	207	+80	15	(1)			

在表 2 中列出用肉眼在夜里观察到的^[2]，以及近年来用雷达法在白昼发现的、最活动的流星流的数据。

在表 2 中流星流辐射点的位置由它的天文座标，赤经 α° 及赤纬 δ° 来确定。

这些概念的解释如下。

在地球上的一点的位置由地球的经度与纬度决定，与此类似，星辰及其他物体在天球上的位置则由天文经度与纬度决定。在天球上的子午线，或经线，是通过宇宙的两极 P_1 、 P_2 (图 7)——它们是地球上的观察者觉得静止的两点——的大圆的一半 (例如 P_1ABP_2)。平面垂直于 P_1P_2 轴的大圆 $QER\gamma$ 称做天体赤道。

零天体子午线 $P_1\gamma P_2$ (赤经是由它开始朝东算的) 通过春分点 γ 。因而，星辰 A 的天体赤经用角度 $\alpha = \widehat{BC\gamma}$ 来表示。星辰 A 的天体赤纬 δ 由该星与天体赤道间的角距来决定： $\delta = +\widehat{ACB}$ 。对北半球的星辰来说，赤纬 δ 为正；对南半球的星辰来说则为负。这样，宇宙的北极与南极的赤纬就分别等于 $+90^\circ$ 与 -90° 。

值得注意的是，在许多流星流与彗星间存在着明显的关系。

彗星是太阳系中看起来象雾似的一团斑点而内部带有明亮的核心的物体。当接近太阳时，彗星的亮度通常是增加的，从它的核心抛出由气体及很小的微粒组成的尾巴。

彗星的尾巴长达几亿公里。随着彗星离开太阳，它的头部亮度降低，尾巴缩短，而彗星则重新变为微小的、雾似的一团斑点，消失在黑夜的天空中。彗星里物质的密度非常小——立方厘

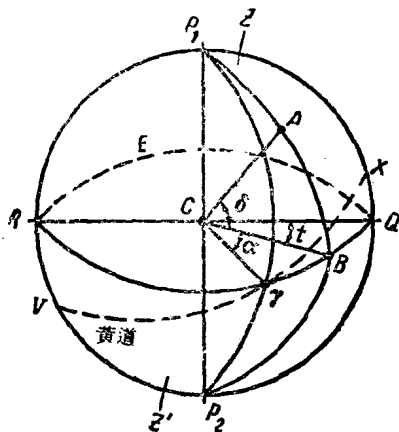


图 7 星辰 A 的天文座标
 $\alpha = \widehat{BC\gamma}$ ——赤经，或天体赤经
 $\delta = +\widehat{ACB}$ ——赤纬，或天体赤纬