

A stylized illustration of a ship's radar or antenna beam. A yellow ship silhouette is at the top, with a large, shaded, triangular beam extending downwards and to the left. The beam is filled with a grid of small white dots. Two yellow lines form the sides of the beam. At the bottom left of the beam, there is a yellow rectangular object with a black circle and the letters "HO" in black.

红外线

苏联 H. Г. 伊林 著
黄致中 译

人 民 邮 电 出 版 社

紅 外 綫

苏联 H. Г. 伊林著

黃 致 中 譯

人 民 郵 電 出 版 社

Н. Г. Ильин

ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ

Издательство Досаф 1961.

内 容 提 要

本书讲不可見紅外綫的本质和特性，以及某些在軍事中已經用到的紅外技术的仪器、装置和系統的作用原理。讲原理比較簡明扼要，讲实际設備也能突出各种应用方式的特点。对于軍事部門及一般对紅外綫感兴趣的讀者，都有一定的参考价值。

紅 外 綫

著 者： 苏 联 Н. Г. 伊 林

譯 者： 黄 致 中

审校者： 东 生

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

印张 2 22/32 页数 43

印刷字数 61,000 字

1963年12月北京第一版

1963年12月北京第一次印刷

印数 1-250 册

統一书号：15045·总1367—无373

定价：(9) 0.30 元

譯 者 序

紅外線技術是近年來一門發展很快的技術。它的应用比較廣。在科學研究、工業生產、交通運輸、醫療、日常生活等方面都有其应用，尤其是在國防軍事上更有其重要的用途。蘇聯 H. Г. 伊林所著“紅外線”一書（蘇聯支援陸海空軍志願協會出版社出版），介紹了紅外線的本質、特性和应用，尤其是对紅外線在軍事上的应用知識作了重點的敘述。可供我國廣大無線電愛好者、部隊戰士、大中學生以及對紅外線軍事应用感興趣的讀者，作為一本軍事常識讀物閱讀。原書在講述典型紅外線設備時，大部分是利用資本主義國家報刊發表的資料。這些材料，在介紹紅外線的軍事应用知識上是有一定參考價值的。同時，通過這些材料也可以了解一些資本主義國家武裝部隊的紅外線裝備和应用情況。但應指出的是，這些材料由於資本主義國家報刊的性質，不免有些誇大和渲染；另一方面在材料的時間上也有的較陳舊，並非最近情況。這些方面都希望讀者閱讀時注意，批判地從中吸取有用的軍事科學知識。



目 录

譯者序

1. 引言	1
2. 紅外線的本质和特性	3
3. 热探向器	20
4. 夜視仪器	29
5. 根据目标本身的紅外輻射来观测、 瞄准和截击目标的系統	47
6. 紅外線电子通信系統	64
7. 应用紅外線的其他系統	72



1. 引言

从发现不可見紅外線的时候到现在已经有 150 多年了。但是現在紅外輻射技术仍然常常（特别是在軍事上）被称为年輕的部門。对紅外技术年龄的这种看法并不十分正确，因为不可見紅外线的实际应用，譬如用在軍事通信上，比电视和雷达的問世还早得多。

更正确地說，这一技术領域，由于各种原因，曾經长期为人们所遺忘。紅外技术发展上的停滯，例如在用作通信工具方面的停滯，其基本原因是：所运用的不可見紅外線波段很狭窄，而且紅外線器件的工作与气象条件有关；高频和超高频波段在通信上很快得到了应用，使无线电成为軍事通信的主要工具；缺乏用以得到紅外象的直接电子显象仪器；对于大气在各种状态时的紅外特性缺乏可靠的知識。

战前各国的許多科学家和工程师們，在紅外技术領域中，解决了一系列理論性和实验性的复杂問題。光电方面所获得的相当大的成就，在很大程度上促进了这些問題的解决。

第二次世界大战时期，为了軍事目的，曾制成和实际使用了一系列仪器和装置。它們的工作原理是以利用不可見紅外線为基础的。

很多原因促使紅外技术进入了新的发展阶段。属于这些原因的有：无线电波的波段过分拥挤，有必要运用尚缺乏研究的毫米波段和紅外波段；新的紅外線源、高灵敏度紅外接收器等的新制以及使紅外波段向长波方面的显著扩展；制成了紅外象的直視仪器——所謂电子——光轉換器；发现了大气的大透明度“窗”；最后，对半导体知識的迅速增加和无线电光电子学的

进一步发展，使人們有可能为紅外線器件創制小型而又可靠的元件与綫路。

在战后，特别是在現在，許多国家（美国、英国、法国、西德）在軍事上于武装部队中应用紅外技术方面，繼續进行着紧张的工作。紅外輻射用于軍事目的的主要优点是：紅外線用肉眼看不見；用盖着特別滤光器的各种光源（白熾灯和电弧、气体放电管和汞弧管等等）很容易产生紅外輻射；有各式各样的紅外輻射能接收器（热接收器、光电接收器和光致发光接收器）；一定波长的紅外輻射当通过大气层时，甚至在有烟雾及薄雾的条件下，比可見輻射的損耗小。

現在国外軍用紅外技术进行得相当紧张，設計出了各种各样的、利用目标的热輻射探测該目标的工具——热探向器；使导弹对輻射出紅外能量的目标进行探测和自动瞄准的系統；借目标反射回来的紅外線束探测和瞄准該目标的系統；紅外綫的直接电子显象系統；利用紅外綫的电子通信系統。还制成了其他电子式和非电子式的应用紅外綫的系統。

最近某些外国杂志发表了一系列材料，提到在軍事上应用紅外綫的新的可能性。在这些文章中描述了根据目标本身的紅外輻射来探测、瞄准和截击它的系統；紅外線直接电子显象系統；利用紅外綫的电子通信系統等等。

在这本小冊子中，以这些系統的結構为例說明实际应用不可見紅外綫的可能性，軍事技术上应用的紅外器件装置多属于这类实例。

2. 紅外線的本質和特性

可見光的分解

如果让白色平行光束，例如图 1 来自白熾灯泡(1)的白色平行光束經過窄縫(3)和透鏡(2)与(4)，通过玻璃的三稜鏡(5)，則在位于稜鏡后面的屏(6)上，我們得到散开的、由各种顏色組成的带(7)。

如果研究带上各顏色的分布，便可以看出，从射綫原来方向 OO_1 ，向稜鏡寬面那边偏移最大的是紫带，而偏移最小的是紅带。在紅带与紫带之間配置着許多条逐漸由一种顏色变成另一种顏色的其它顏色的带。可以看出，一个跟着一个的各种顏色有它的固定次序：紅、橙、黃、綠、青、藍、紫。

由白光束分成的各种顏色叫做光譜。如果我們利用鏡系把从稜鏡射出来的各种有色光束聚到一起，則在屏上看到的不是光譜，而是一条仅呈一种顏色——白色的带。

我們在形成光譜的屏上开一条縫，让某一种顏色的，譬如綠色的光束通过縫隙射到第二块稜鏡上。我們可以看到，稜鏡不会把这光束分成其他色的光，該光束只以某个角度偏离其初

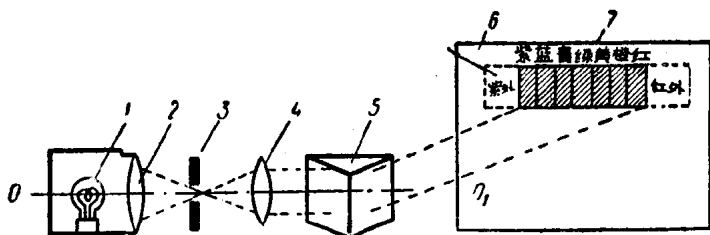


图 1 用以获得連續光譜的仪器的布置图
1.白熾灯, 2.透鏡, 3.狭縫, 4.透鏡, 5.稜鏡,
6.屏, 7.連續光譜

始位置。

这种实验最先是在 1867 年——1868 年由英国物理学家牛頓做的。該实验表明，白色光束的成份不是單純的，而是复杂的。白色是由不同顏色的各个光束所組成的总和。在繼續通过稜鏡时不会分解成为其他色的光的各个光束，称为單純的或是单色的。

复杂光束分解成一系列单色光的现象叫做光的色散。复杂光束在通过稜鏡时，分解成为其他各种成分的原因在于各色的光在稜鏡中受到不同的偏轉，即具有不同的折射率。由于光的顏色取决于它的波长，因此可以說，物质的折射率与色度有一定的关系，即与波长有一定的关系（波长以希腊字母 λ (蓝达) 表示；或者說与每秒振动次数有一定关系），每秒振动次数以希腊字母 ν (紐)* 表示。

根据光的电磁理論，光就是一种电磁振盪，而单色輻射的波长就是这振盪在一个周期內传播的距离。波长可以用綫度的单位(厘米，毫米，微米，毫微米，埃)** 来量度。可見光譜里每种色的光都是由一定的波长造成的，它們的大約长度見下表：

譜 段	波长(毫微米)	譜 段	波长(毫微米)
紅 光	620—780	綠 光	510—550
橙 光	585—620	青 光	480—510
黃 光	575—585	藍 光	450—480
黃 — 綠 光	550—575	紫 光	380—450

* 振动次数 ν ——一秒鐘內形成的波数。

** 短波以下列单位来量度：

1 微米(MK) = 10^{-3} 毫米

1 毫微米(MMK) = 10^{-3} 微米

1 埃(Å) = 10^{-1} 毫微米 = 10^{-4} 微米(MK)

到現在为止，我們都只談到了對我們眼睛起作用、引起視覺的可見光。白光光譜是僅以肉眼可見的紅光紫光為界限嗎？或者，除此以外還有其他不可見的光嗎？事實上，白光光譜並不以紅光和紫光為其界限。

1800年，英國天文學家威廉·赫舍爾在研究太陽光譜的時候，發現了極奇異的現象。當用靈敏的溫度計逐個地測量光譜的每一部分的热效應時，他斷定，紅區的特点是溫度最高。可是在光譜的可見紅區邊界以外，也就是說，在任何光綫也看不見的地方，溫度計又指示什麼呢？有人曾經邏輯地假設，那兒的溫度應當與其周圍的室內空氣溫度相當。但是，當這位科學家把溫度計放到這個區域時，他不禁驚奇地發現，這溫度計的指示比近旁的檢查用溫度計的指示還要高很多。溫度計的受熱證明，太陽光的光譜並不終止於紅區，而是在紅區邊界之外，還發射出某種為人所不知道的、人的眼睛所看不見的光。這樣就發現了紅區以外的新光譜段。

這不可見光綫（圖1中用虛綫表示）叫做紅外線。由於它們具有熱效應（很容易根據這效應來探測它們），通常稱它為熱綫。

為了使讀者得到關於紅外線的熱效應的概念，我們舉這樣一個例子。在全部太陽輻射的總能量中，紅外線所占的部分約為60%。在溫度高達2000—2500°C的現代白熾燈的光譜中，紅外線的能源約占全部輻射能源的95%。

1801年，李特發現，在光譜的紫端之外也有光綫。這樣，可見光譜就不終止於紫光，而是在光譜的紫色可見光部分之外還延伸着不可見的紫外部分，這部分光可以用照相或借塗有發光*物質的屏（熒光屏）來發現。

* 以特殊的方式被激發的冷態發光物質，稱為發光物質或熒光物質。

稍后，在1895年，德国物理学家伦琴发现，当快速飞行的电子流与任何固体相遇时，会产生一种特殊形式的辐射，称为伦琴辐射。伦琴辐射与紫外辐射一样，不能为视觉所觉察，但是能使某些物质发光，而且对照相底片起作用。1896年法国科学家贝克勒尔又发现了由于放射性物质的蜕变而产生的所谓 γ 射线。 γ 射线是具有极短波长的电磁振荡。

这样，现在几乎对全部广阔的波段都已经研究过了：从慢的电振荡和无线电波开始，最后到 γ 射线和宇宙射线。由这些事实可以作出结论：自然界中存在着极其多式多样波长的电磁波。同时必须指出：随着波长的变化，会出现十分明显的、质的差别：色度、可见度、传播特性等等。

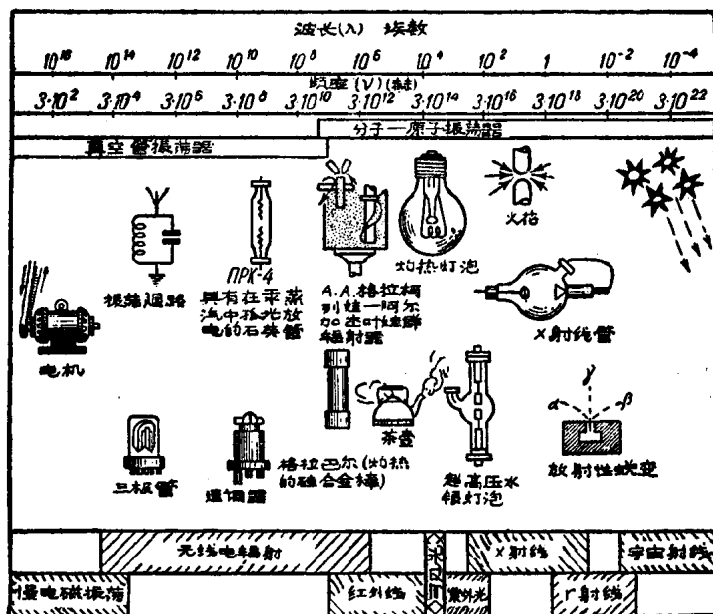


图 2 电磁振荡标尺和各式辐射的代表性发生器

图 2 所示的是包括所有型式的辐射的电磁振荡的标尺，上面是从左至右递减的、以分度形式表示的电磁振荡的波长的值。如所周知，例如在无线电接收机上的刻度，每秒钟振荡的次数(ν)和波长(λ)是成反比关系的：波长愈短，频率愈高。因此，沿着标尺从左至右波长不断减少，而振荡频率却不断增加。

从图 2 可以看到，当波长由慢的电辐射到无线电辐射，及从红外线辐射到可见光、然后到紫外线变化时，波长一直变短。但是，电磁波的特性虽有多式多样，但它们相互之间的区别仅在于波长或振荡频率的不同。

辐 射 能

直到上世纪六十年代为止，人们认为辐射是一种机械运动能量的传输——最初认为是以弹性波在以太物质中传播的形式来传输能量，后来又认为是以辐射体的微小颗粒（粒子）的迁移的形式来传输能量。荷兰物理学家 X. 惠更斯是波动学说的创始人；而 H. 牛顿是微粒学说的创始人。E. 麦克斯威于 1861—1864 年创立了并用数学论证了辐射的电磁理论。这些理论于 1886—1889 年为 Г. 赫兹的实验卓越地证实了。

1900 年，德国物理学家 M. 普朗克假想，基本辐射器的能量只能成“块”儿地、成“份”儿地变化。普朗克给这一“份”取名为能的量子*。后来，A. 爱因斯坦阐明了辐射的光子理论，这个理论认为辐射就是相互间没有联系的、作为确定数量的能量负荷者的一种粒子（光子）流。

可见光以及不可见光的辐射能量都称为辐射能。辐射能是

* 量子是可以被分子或原子系统吸收或发出的确定的、有限的能量的数量（一“块”，一份）。

同时具有波动特性和波动参数以及量子特性和量子参数的物质微粒流。电磁辐射的波动参数是振荡频率、波长和传播速度。量子参数是量子能的数量。

波动参数和量子参量之间，有着一定的关系。根据这一关系，量子能的数量正比于振荡频率，如下面的公式所示：

$$\varepsilon = h\nu \quad (1)$$

这里， ε ——辐射流量子的能量

ν ——辐射流的频率

h ——通用普朗克常数

大家都知道，电磁振荡的频率反比于波长，也就是：

$$\nu = \frac{1}{\lambda}^*$$

如用辐射流波长(λ)代替公式(1)的频率(ν)，我们得到短波长、高频率的辐射流量子具有大的能量

$$\varepsilon = h \frac{1}{\lambda}^* \quad (2)$$

单个辐射量子的能量极微小，但是，即使在极微弱的辐射流里，量子却很多。

原子或分子的外围电子之所以辐射红外线，是由于分子发生转动和振动的结果。原子辐射的红外光谱，是由于其外围电子从高能级跃迁到较低的能级而产生的。

当原子处于正常状态时，沿自己的轨道围绕核旋转的电子并不辐射能量。电子只可能沿着所谓的容许轨道围绕核运动，在每一容许轨道上，电子的能量是严格一定的。每一个原子存在着许多以禁区隔开的容许轨道。

* 译者注： ν 与 λ 的关系应为 $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ， c 是光速。这里原文只表示出了反比例关系。

容許軌道离核愈远，电子的能量愈高。在寻常状况下，电子沿軌道的运动有十分稳定的性质。但是在一定的条件下，运动的稳定性可以遭到破坏，于是电子从一个容許軌道跃迁到另一个軌道上。

电子从一个容許軌道跃迁到另一个，也就是說从一种能量状态跃迁到另一种状态，只能以突变的方式进行。电子和核之間是以引力联系着的。要从近核的容許軌道跃迁到較远的軌道上去，必須給电子以附加的能量。

如果电子向离核較近的軌道跃迁，則它将以突变的方式改变它的能量：部分能量以辐射流量子的形式輻射到空間。因而，一切輻射都是量子流，其頻率愈高，則能量愈大。

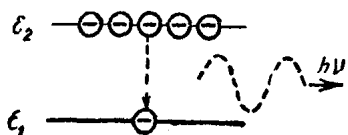


图 3 当电子由能級为 ε_2 的軌道跃迁到能級为 ε_1 的軌道 ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$) 时，輻射出电磁能的量子

图 3 以簡图表明电子从能量为 ε_2 的容許軌道跃迁到能量为 ε_1 的容許軌道 ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$) 的情形。在电子跃迁时，伴随着能量量子 $\varepsilon = h\nu$ 的輻射。各种元素的原子是以质量、核电荷、电子的数量及其在各个容許軌道上的能量的

不同而相互区别的。

紅 外 綫

如图 2 所示，紅外綫是处在紅色可見光与最短的电輻射（即无綫电波）之間。它在光譜上占据着一条比可見光更寬的帶。人眼能以光的形式接受下来的仅仅是整个电磁波譜中的很窄一段区域。

紅外綫与可見光之間的界限，用人的眼睛就可以很容易地确定。紅外綫与无綫电波之間的界限的精确确定是不可能的，因

为还缺乏作这样的确定的准则。因此人们认为，红外线 and 最短的电辐射（无线电波）的谱段是在规定的边界上相互重叠的。

这种说法，在 1924 年曾为苏联物理学家 A. A. 格拉哥列娃-阿尔卡基耶娃进行的卓越实验所证实。由这个实验的结果，她们把红外辐射的长波部分和超短波联结起来了。用所谓粉屑振荡辐射器得到波长 $\lambda = 125$ 微米的振荡后，A. A. 格拉哥列娃-阿尔卡基耶娃指出，同样的辐射既可用光学的、也可用无线电技术的方法产生。

我们感兴趣的是红外线区域，所以我们再来更详细地讨论它的特性。红外线所占据的电磁振荡谱段，是在波长从 500 微米到 0.76 微米的范围。为了研究的方便，把红外线所占据的波段分为两部分：近红外段（0.76—15 微米）和远红外段（15—500 微米）。

实际上采用的是研究得最充分的近区红外线。这种射线运送着从热辐射器中发出来的绝大部分能量，并且在军事技术中广泛地采用。

肉眼所看不见的红外线，其特性接近红光，并遵守光学的反射与折射定律。它的波动性表现在干涉、绕射和偏振等方面。由于两个或几个波系叠加的结果而使振荡增强或减弱的现象称为干涉。波绕过途中所遇到的障碍物的现象叫做绕射。在某一个确定的平面内进行振动的波叫做偏振波。

已知有些材料，如黑照相纸、厚胶木、厚纸板、地氈青漆及其他等，红外线通过它们比较容易；而这些材料对可见光来说却是不透明的。

必须指出，并非红外射线谱的所有成分都能同样好地通过同一材料。例如普通玻璃，只让波长不超过 2.5 微米的、很短的热线通过，而石英通过的波长达 4 微米。

紅外線和可見光一樣，在空間的傳播是直線傳播。紅外線器件和裝置的作用距離在直視（幾何能見度）範圍以內，並可以近似地按下面的公式計算：

$$D_{\text{max}} = 3.57(\sqrt{h} + \sqrt{H}) \quad (3)$$

式中 D_{max} ——紅外儀器的最大作用距離（千米）

h ——紅外儀器在地面上的高度（米）

H ——被觀察物體的高度（米）

在公式中， D_{max} 是最大可能的距離。紅外儀器的實際作用距離還決定於很多其他的參數：輻射源的功率、媒質吸收的大小、接收機的靈敏度等等。

在計算作用距離的時候，應當考慮到紅外線並不繞過障礙物。因此，地形的各種起伏、建築物、森林等，都是紅外線傳播的障礙。

實驗證明，在高於絕對零度*的任何溫度時，物體輻射一個電磁振蕩波譜，其中包括有紅外線。這樣，我們周圍的一切物體、動物、植物，由於能把自身的某些熱量發射到空間中，所以都是熱輻射源（紅外輻射源）。

在軍事上我們所感興趣的對象（工廠、熱力站、艦艇、裝甲車、坦克和飛機、射擊中發熱的武器筒等），照例會發出強烈的熱輻射。物體在紅外線譜段內輻射出的能量數值，決定於它們的個別特性，首先是決定於受熱的溫度和其表面狀況。

紅外輻射的波長也和物體的溫度有關。根據維拉遷移定律**，相應於最強輻射的波長與絕對溫度成反比，而且可以根

* 絕對零度——自然界可能達到的溫度的最低極限（根據現有的數據，其數值如按百分溫標計算，則為零下 273.16° ）。在絕對零度時，所有分子的無規則熱運動將停止。

** 維拉遷移定律可用以確定，當輻射物體的溫度增高時光譜的成分發生的變化，此時光譜將向比較短的波長方面遷移。

据下面的著名公式来计算：

$$\lambda = \frac{2892}{T^{\circ} + t^{\circ}}, \quad (4)$$

式中

λ ——波长（微米）

T° ——绝对零度

t° ——摄氏温度

温度为 37°C 的人体发射到空间去的红外线，其波长的数量级主要为

$$\lambda = \frac{2892}{273 + 37} = \frac{2892}{310} = 9.33 \text{ 微米}。$$

根据人的红外辐射，借助于专门的红外仪器，可以在漆黑中发现他。

下表列出的是辐射体发送最大辐射能量时的大概温度和波长。

辐 射 体	温 度 (度)	波 长 (微米)
太阳	6000	≈ 0.5 (可见光)
喷气式飞机发动机	1000	≈ 3.0
活塞式飞机发动机	750	≈ 4.0
沸水锅炉	373	≈ 8.0

红外线以约 300,000 千米/秒的速度在空中由辐射源向各方面传播。

大家知道，地球的气体外壳——大气——是由混合气体、水蒸汽及各种有机和无机来源的外来粒子所组成的媒质。红外线通过实际的大气的时候，将损失部分能量。这些损耗包括吸