

# 红外技术基础

红外辐射的产生、透射和探测

[美]P.W.克罗塞等著

上海科学技术出版社

# 紅外技術基礎

紅外輻射的產生、透射和探測

〔美〕P. W. 克羅塞等 著

洪懷瑞 譯

上海科學技術出版社

## 內 容 提 要

本书对紅外技术的主要組成部分——紅外輻射的发射、在大气和固体中的透射以及探測器等——作了比較全面的叙述，特别是探測器，占了本书一半以上的篇幅。

本书的主要讀者对象是在这一領域內工作的科技人員及对这一領域有关的大专学校师生。

## ELEMENTS OF INFRARED TECHNOLOGY

generation, transmission and detection

Paul W. Kruse, Laurence D. McGlauchlin

Richmond B. McQuistan

John Wiley & Sons, Inc., 1962.

## 紅 外 技 术 基 础

紅外輻射的产生、透射和探測

洪 怀 瑞 譯

---

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

---

大众文化印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1156 1/32 印張 14 6/32 排版字数 351,000

1965 年 11 月 第 1 版 1965 年 11 月 第 1 次印刷

印数 1—2,300

統一书号 15119·1833 定价(科六) 2.10 元

## 序 言

在电磁波的可見光和微波之間的那些波长通常称为紅外波段。它的重要性起源于这样的一个事实：即任何物质对象都以它特有的方式发射、吸收、傳遞和反射紅外輻射。这有两重合意。第一，从对象所发出的或同对象发生交互作用的輻射的强度和波长分布的研究中，可能得到有关这一对象的資料。这些資料可以用来，例如，从周圍环境中辨識某一物体，或識別某一未知材料。第二，这种輻射本身很重要。它同物质的交互作用的方式，可以用来改变該物质的特性。再者，它还可以用来作为从一点到另一点的携帶信息的媒介。

虽然紅外輻射的存在早在一世紀之前就已認識到，仅仅到最近二十年来，它才有广泛的用途。紅外技术——紅外輻射在軍事和国民經济方面的应用——可以认为是从1940年左右开始的。从那时候起，对紅外技术的兴趣有了很大的增加，目前它已变得具有重要的軍事意义。虽然在国民經济建設方面的应用沒有象軍事上那样迅速发展，但近年来也在不断地增长。

在写作本书的时候，在紅外技术方面还很少有系統的資料可供利用。已有的文献只涉及这一領域中的某些課題，对整个領域則缺少完整的敘述。写作这本书的目的就是为了要滿足这一需要。

粗略地說：紅外技术的范围可以分成四个主要部分。第一部分涉及紅外輻射的性质。在这一部分中的課題有：受热物体所发出輻射的光譜分布和角分布；媒质对輻射的反射、折射、吸收、衍射和散射；以及几种光电效应等等。第二个主要部分是由紅外部件

和材料組成的，包括輻射源、窗口材料和探測器。

把紅外部件組織成系統是第三个主要部分。這包括光學、電子學和致冷系統。在國民經濟和軍事上的應用是第四个也就是最后一个主要部分。這本書將介紹頭兩部分。後兩部分則放在正在準備中的另一書中。

我們力圖使本書的內容能對兩類讀者有用。第一類包括對本學科有關的大學高年級學生或第一年的研究生。第二類包括在民用和軍用實驗室中工作的一些科學工作者和工程人員，他們為了紅外應用的需要從事於紅外部件和材料的研究。因此，為了邏輯上的完整起見，本書也包括了一些在其他非紅外技術書籍中可以找到的內容。這些內容可以使讀者了解紅外部件的基本工作原理，因而盡量減少所需依賴的假設。這方面的例子有：對光學常數和更基本的參量之間的关系式進行數學討論；推導輻射在大氣中衰減的表达式；對輻射和帶電粒子的相互作用的討論，這導致象色散和自由載流吸收等現象。此外，為了在紅外技術範圍內的工作者的方便，我們又包括了另一些內容。例如，這裡包括了敘述半導體物理學的一章，使紅外探測器和光學部分的設計者能夠預測新材料的性能；這裡處理了起伏現象，以便闡明對探測器的工作性能和電學系統的电子器件規定了根本極限的那些效应的本質；這裡也包括了幾節對探測器和光學材料描述所測得的特性。

作 者

# 目 录

## 序 言

1 定义和发展史.....1	
1.1 定义..... 1	
1.2 发展史..... 1	
2 紅外光源 .....11	
2.1 术语的定义.....12	
2.2 热物体的发射.....13	
2.3 波长分布.....19	
2.4 两物体之間輻射功率 的交换.....37	
2.5 時間分布.....52	
2.6 綫状光源及带状光 源——引論.....59	
2.7 实用的輻射源.....70	
2.8 实验室外所見的各种 光源.....74	
2.9 其他光源.....76	
2.10 工程計算中常用的近 似.....82	
3 媒质的紅外光学特性的理 論 .....85	
3.1 引言和一般討論.....85	
3.2 电磁理論.....85	
3.3 电磁功率流.....93	
3.4 媒质的分界面.....94	
3.5 吸收、色散和散射.....99	
3.6 干涉和衍射 .....106	
4 媒质的光学性质.....116	
4.1 引言 .....116	

4.2 各类材料及其光学性 质 .....116	
4.3 专用材料的选择 .....125	
5 大气的光学性质.....157	
5.1 引言 .....157	
5.2 对大气的描述 .....157	
5.3 分子吸收——理論 ..162	
5.4 分子吸收——經驗討 論 .....167	
5.5 輻射在大气中的散射 ——理論 .....176	
5.6 輻射在大气中的散射 ——經驗討論 .....184	
6 半导体物理学.....190	
6.1 引言 .....190	
6.2 周期性晶格 .....190	
6.3 完整晶体的能带 .....193	
6.4 晶格中的缺陷 .....196	
6.5 本征半导体的費 密-狄喇克統計.....200	
6.6 非本征半导体的費 密-狄喇克統計.....204	
6.7 电导率和霍耳效应 ..206	
6.8 复合和寿命 .....214	
6.9 載流子在电磁場中的 运动 .....218	
6.10 整流結 .....223	
7 噪声源.....231	
7.1 引言 .....231	

7.2 热噪声——Nyquist 定理 .....	232	10.1 引言 .....	381
7.3 电子管中的噪声 .....	237	10.2 元型光子探测器的一般特点 .....	384
7.4 半导体中的噪声 .....	247	10.3 铅盐光电导体 .....	393
7.5 半导体三极管及半导 体二极管的噪声 .....	254	10.4 锗(Ge) .....	398
7.6 变压器中的噪声 .....	257	10.5 锑化铟(InSb) .....	404
7.7 电流计的噪声 .....	258	10.6 砷化铟(InAs) .....	406
8 紅外探测机理的唯象描述 .....	262	10.7 碲(Te) .....	407
8.1 紅外探测器 .....	262	10.8 硫化鉍( $Tl_2S$ ) .....	407
8.2 功能参数 .....	265	10.9 碲化汞-碲化鉍 (HgTe-CdTe) .....	408
8.3 光子效应 .....	274	10.10 热敏电阻测辐射热 器 .....	409
8.4 热效应 .....	304	10.11 超导体测辐射热器 .....	410
9 几种探测机理和光子噪声 极限的数学分析 .....	315	10.12 炭测辐射热器 .....	410
9.1 引言 .....	315	10.13 辐射温差电偶 .....	411
9.2 探测器的噪声 .....	316	10.14 Golay 管 .....	411
9.3 几种探测器机理的数 学理論 .....	318	10.15 可見光譜区的探测器	412
9.4 受光子噪声限制的探 测器的理論工作性 能 .....	344	附录 一些工程上有用的近似 数据 .....	435
9.5 获得受光子噪声限制 的工作性能的方法 .....	371	I. 一些探测器的 $D_{\lambda}^*(\lambda_p, f,$ $4f)$ 对 $D^*(500^\circ K, f, 4f)$ 的比值 .....	435
附录 I. 由 $D^*(T, f, 4f)$ 求出 $D_{\lambda}^*(\lambda, f, 4f)$ .....	377	II. 将 $D^*(T_1, f, 4f)$ 换算成 $D^*(T_2, f, 4f)$ 的近似 方法 .....	435
附录 II. Havens 限制 .....	378	III. 探测器的有用频率范围 .....	436
10 元型探测器的工作性能比 較 .....	381	索引 .....	437

# 1 定义和发展史

## 1.1 定 义

电磁波譜是一个按波长、頻率或光子能量的次序而安排的輻射的連續譜。实验上已經証明：电磁波譜包括波长从毫米的极小分数直到很多千米之間的各种波。没有一个单一的輻射源或单一的探测机构可适用于整个波譜，因而这个譜可分成很多个不太严格确定的波段(或譜区)。这些大波段的区分，一般是根据产生、分离及探测这些輻射所采用的方法。

虽然，所有的电磁輻射在被物体吸收后都能产生热，而某些波段(例如紅外波段)，很容易利用它所产生的热而被偵察出来。此外，受热的物体又是这类輻射的良好发射源，因此紅外輻射有时称为热輻射。有时也把紅外輻射再区分成近紅外、中紅外及远紅外(按照它离可見光的“距离”)。

紅外輻射的另一个定义是：紅外輻射是介于可見光区及微波区之間电磁波譜，即波长介于  $7.5 \times 10^{-4}$  毫米及約 1 毫米之間电磁波譜。这一界限可以用不同的方式来表示，例如用波长、頻率、光子能量或波数等。采用常用单位来表示的这一界限列在表 1.1 中。

## 1.2 发 展 史

在以下关于这一課題的簡短历史中，只能最简单地提一下发展这一課題的有关人物和有启发性的事件以及有关紅外輻射的书籍。

当人們研究有关科学的进展和成就时，总会发现不同学科之



表 1.1 紅外波段的界限

	低 限	高 限
波 长	7.5×10 <sup>-4</sup> 毫米 0.75 微米 750 毫微米 7500 埃	1 毫米 10 <sup>3</sup> 微米 10 <sup>6</sup> 毫微米 10 <sup>7</sup> 埃
頻 率	3×10 <sup>11</sup> 赫	4×10 <sup>14</sup> 赫
光 子 能 量	1.23×10 <sup>-3</sup> 电子伏	1.72 电子伏
波 段	10 厘米 <sup>-1</sup>	1.3×10 <sup>4</sup> 厘米 <sup>-1</sup>

間的相互依賴性。一个領域中的进展或发现常常会促使别的(一个或更多个)科学領域的进步。因此,討論科学的某一特殊方面而不牵涉到整个科学常是很困难的(如果不是不可能的話)。由于这些考虑,这里試图从这一課題同相关科学領域之間的关系,来討論这一課題的起源、发展及现状。

虽然可以說,伽利略(1564~1642)和牛頓(1642~1727)分別是光学和光譜学的締造者,但在这些相关的領域中,他們不是沒有先輩。当然,史前时代的人在看到天空上偶然出現虹的美丽色彩时,也許有很多想法,而由于无知,大概会为它加上一些神秘的和超自然的意义。古代文化已經認識到简单的反射定律,也察觉到折射現象的比較简单方面,但沒有使这些認識同色散及虹联系起来。Seneca(公元前4~公元后64)和Alhazen(965~1038)討論了与光学(特別是折射)有关的很多題目。即使是折射定律的真正发现者斯涅耳(1591~1626)和Barrow(牛頓的导师)也都沒有察觉到白光的复合性质。直到1666年牛頓的基本实验之后,才认为可見光譜是由“光和黑暗以各种不同的比例混合”而成的。在他的“光学”(1704)一书中,牛頓用实验証明:“棱鏡把組成太阳光的复合光綫分离开来或挑选出来”。在証明了再用另一个棱鏡可把光譜再組合起来后,他終於能把各种不同顏色的光重新組合成白光。根据这一简单而肯定的实验,牛頓建立了光譜学的全部基础。

不幸的是，牛頓对这些現象的解釋是錯誤的。他覺得所有的顏色同薄膜的干涉效应所产生的顏色具有同样来源。再者，他的解釋也包含了这样的概念：光粒子在比較稠密的介质中走得更快些，因为它们被介质的表面所吸引。由于这些概念的影响，后来的許多的研究者对自己的工作也作了不正确的解釋。例如，在1802年，Young把蜡烛光譜中的黃綫說成是火焰内部的干涉現象所引起的。由于牛頓的威信，以致他的理論被公认了160年之久。

从牛頓的著作显然可以看到，他並沒有把他的粒子論或他的折射理論当作是肯定的，他了解到，这些理論的正确性还需要用实验来証明。这說明这样一个論点：即使是著名的科学家也必須受到他那一时期的知識的影响。因此，他的推測只能当作进一步实验研究的基础。

直到1850年，傅科才証明：在較稠密的介质中，光的速度比較慢。因此，根据牛頓同时的惠更斯(1629~1695)所发展的光的波动論，对折射現象所作的解釋是正确的。

十八世紀是光学及光譜学都沒有得到发展的时期，值得注意的例外是1728年Bradley对色差的发现及Melville(1721~1794)关于鈉火焰的研究工作。

相反，新世紀的开始带来了很多人迷惑的新发现。在那个时候，沒有一個人想到太陽光譜会伸展到人目所能看到的狹窄範圍之外。但是在1800年，W. 赫謝耳在研究太陽光譜的各部分的热效应时，发现太陽光譜还包括某种形式的看不見的輻射能。他是把灵敏的溫度計放在被稜鏡折射的太陽光譜的不同部分而得到这一事实的。他发现最大的热功率是在可見光区的外面，正好在光譜的紅色端之外。虽然赫謝耳已能証明这些能量同样遵从可見光的某些光学定律，但从他的著作中很难断定他是否認識到这一新形式的能量就同可見光一样，还是在本质上就是不相同的两种东西。在十九世紀开头的另一个重要事件是1802年Young的第

一次测得波长。Young 对干涉的正确解释为这一测量提供了基础。

J. 赫謝耳 (W. 赫謝耳的儿子) 在 1840 年利用从受太阳光谱照射的黑纸上挥发酒精的快慢变化, 证明了红外吸收带及透射带的存在。在这以前, 1833 年, Richie 用实验方法确定了热辐射的一个基本定律的正确性, 即好的红外辐射的发射体同样也是好的吸收体。这一定律的更令人信服的叙述是基尔霍夫在 1859 年提出的 (同时 Steward 也独立地提出); 因此这一定律是以基尔霍夫命名的。

在 W. 赫謝耳的开拓性的实验之后的三十年间, 红外研究的进展是比较慢的, 这有很多原因, 其中之一是缺乏灵敏的和精确的探测器。但是到了 1830 的年代, 已经有一些探测器可供使用, 这些探测器都是利用物质以温度为函数的各种物理特性, 而温差电效应 (1826 年塞贝克发现) 和电阻率是比较灵敏的两个特性。此外, 电学测量仪器及其技术已经发展到了这样程度, 同上述效应联合使用时, 有可能对红外辐射作精确的探测。

在这个方向上所迈出的第一步是 1830 年 Nobili 制成的辐射温差电偶。这一思想自然地发展到几个辐射温差电偶的串联, 即温差电堆, 那是三年之后由 Melloni 完成的。他利用了这一器件把它的实验扩展到更深的红外区。1843 年 Becquerel 证明了磷光所产生的约 1 微米的辐射及其对感光片的效应。虽然在红外探测器的大多数进展中都包含着热的物理效应, 但是 Abney 在 1880 年已能制造出敏感到 2 微米的照相感光片。从 1881 年开始, Langley 已能制造测辐射热器, 比当时所能得到的辐射温差电偶要灵敏些。

利用了当时可以得到的那些探测器, 红外科学就不断地向前发展, 红外辐射和光十分相似的思想也就开始被接受。

从 1814 年起, 夫琅霍夫对光谱学作出了很大贡献。他把衍射

光栅应用到光谱的研究中去。虽然他的大部分工作都是在光谱的可见部分,但是他所发展的技术和仪器也能用到红外的研究中去。1859年,基尔霍夫和本生所发展的第一架实用光谱仪是向前迈进了一大步。

1847年 Fizeau 和傅科把波长的测量伸展到 1.5 微米。后来的研究工作者又把测量伸展到更长的红外波段: 1859年 Müller 到 1.9 微米; 1879年 Moulton 到 2.14 微米; 1880年居里和 Desains 到 7 微米。Langley 在他制成了测辐射热器之后,把太阳光谱的测量伸展到 18 微米。在十九世纪的最后十年中,在红外研究的许多方面都很活跃的帕邢、Rubes 等利用剩余射线技术,把波长伸展到 20 微米。剩余射线的技术系利用物质对辐射的选择性反射的本领。其他工作者,主要是在德国,能把测量伸展到 300 微米。

在红外领域中的所有这些实验工作都具有深远的理论结果。例如: Tyndall 测量了从受热物体到另一物体的辐射所迁移的功率,而在这一测量基础上,斯忒藩在 1879 年达到这样的结论: 从一个物体到另一物体的热迁移速率同两物体的温度的四次方之差成正比。这一完全实验性的结论,在 1884 年经玻耳兹曼根据热力学推导了出来。这一定律现在称为斯忒藩-玻耳兹曼定律。

在有关热辐射的研究中,最突出的实验成就也许是对麦克斯韦的经典辐射的电磁论的验证(1862)。由于它牵涉到较长的波长,利用红外辐射的实验比利用可见光或紫外辐射能更明显地证实麦克斯韦理论。在检验电磁波理论的过程中,赫兹在 1887 年用电的方法产生出波长很长的红外辐射。这就越发使人们认识到: 在用热的和用电的方法所产生的电磁波之间,并没有本质上的差别。

奇怪的是,赫兹为了证明电磁波的存在而作了如此多贡献的实验,正好也就是用来否定只能用波动图象来描述辐射的这一概

念的工具，并导致辐射的粒子論或光子論的再兴。赫兹在他的工作中注意到：当有辐射投射到两电极之间的空隙中时，空隙变得更易导电。这一观察引起了对光电效应进行广泛的研究；据此，波长足够短的辐射就可离化原子。

在十九世纪的最后十年中，科学家们所面临的最突出的问题是：如何解释从受热的包壳上的小孔中发射出来的热辐射的波长分布。有些作者想用电磁理论和动力学理论的经典概念，来解释所观察到的热辐射的波长分布，但都无效；然后维恩发现了函数关系的形式。此外，他还能把包壳的温度同发射功率为最大的辐射波长联系起来（维恩位移定律）。普朗克在分析这一现象时，在1900年提出了能量量子化的概念，认为辐射的发射不是连续的过程，而是分立的步调。根据普朗克的假设，爱因斯坦成功地解释了光电效应，这对确立量子论的正确性也有贡献。

因此，现在有了两种不同的理论：粒子论和波动论，每一理论只能描述所观察到事实的某些部分，而不是全部。对辐射有两种不同概念是一件麻烦的事；光或者是一簇粒子，或者是波，但是我们总想说：它不能是两者兼有。

这里必须了解到，关于光的本质的这一表现上的二重性，乃是理解方法的限制所产生的。下述的例子可以说明这一点。假设有这样一个人，每隔一天变成聋子，每隔一天变成瞎子，但在同一天不会既是聋子又是瞎子。他去看戏，在他能够看见但听不见的那一天，这些戏都是哑戏；在他能够听见但看不见的那一天，这些戏都象无线电广播。依靠两种完全不同的机构，他能首尾一贯地解释他所感觉到的事物。到头来，他也许能把这些分立的印象联合成一个互相有关的经验；因此设法协调互相矛盾的理论的科学家也有可能做到这一点。

我们已经看到，在二十世纪的初期，热辐射的研究在光的二重性和量子理论的建立中，起了极端重要的作用。在这一时期，红外

的实验方面又有了向前的发展。测辐射热器、温差电堆及連带的电测仪器連同干涉仪和波长测量技术一起，使紅外实验有可能来一个快速的发展。Coblentz 测量了大量的有机和无机物质的紅外吸收、发射和反射光谱，为紅外对物质在分析中的价值提供了明显的証明。1913 年轉动光谱的观察和分子运动的振动模式的概念，对分子量子力学的研究激起了极大的注意。在化学鍵及分子結構的基本研究中，紅外吸收光谱的运用仍然是一个有力的工具。

紅外的再受重視，配合它在軍事上明显的应用，是其发展更灵敏和更迅速的探测器的原因。虽然测辐射热器和温差电堆的探测能力有了很大增加，这些器件仍然比較慢。根据热辐射的光子或粒子特性而制造的敏灵元件，才能具有比較快和灵敏的探测机理。光子探测器不依靠紅外的热效应；所以它們不依赖于探测器材料的热扩散率，因此可以快得多。

象光电子发射、光电导及光生伏打等，光电效应早在十九世紀就已在可見光及紫外辐射波段观察到；但是利用热辐射的光子特性的紅外探测机理的发现却迟得多。

最早的一种灵敏的光子探测器是利用光电子发射效应的，在其中光子投射到用某些物质制成的阴极，它所发射的电子为一阳极所收集。不幸的是，虽然进行了許多工作，仍然不可能把这一效应的有用波段伸展到超过 1.3 微米。这就是用于第二次世界大战的夜間瞄准器和夜视器所采用的光电效应。

紅外辐射的吸收降低某些物质的电阻，而不改变其温度的现象，叫做光电导效应。这是 Smith 在 1873 年首先发现的，他注意到硒的电阻在光照下降低。1917 年 Case 制成了硫化鉍光电导探测器，它的敏感波长到 1.2 微米。但是在 Gudden 和 Pohl 的工作以前，对这种探测器的工作机理是不了解的。Fournier、Todesco、Sewig 和 Asao 等都對硫化鉍光电导探测器进行了研究。德国人在 1940 年以前就开始对硫化鉛光电导探测器进行了大量研究和

发展的工作。他们使 PbS 的敏感波长达到 4 微米。他们也对红外系统进行了大量的发展工作；其中最有名的是 Kiel IV，这是飞机用的红外装备，具有很好的测距能力。1941 年 Cashman 进行了研究工作，终于成功地解决了稳定的硫化镉光电导探测器的制造工艺问题。从那一时期起，就以很多的时间、财力和物力花费在光电导效应的研究中。在很多研究过的材料中有：碲化铅、硒化铅、硅、碲、锑化铟、砷化铟和掺杂的锗。

受辐照时能输出电压的红外光生伏打探测器也具有重要性。随着结型半导体三极管的发展，制备和研究  $p-n$  结的技术，已用来发展和改进利用这一效应的探测器。除掉这三种光电效应外，光磁电效应在制成另一类型的有用的探测器上是很有希望的。

从上面的简要叙述中，决不能推断说，热探测器的工作没有积极地进行。事实上，在这一条路线上已有一些极端有意义的和重要的发展。

例如，在 1947 年 Golay 制成了一种改良的气体红外探测器，在其中辐射使小量的密闭气体受热，使气体箱壁上的一个易弯曲的小反射镜发生扩张。这一运动可从反射镜上反射到光电管上的光强度改变侦察出来。另一种得到发展的热探测器是：利用某些物质的吸收限随温度的移动，来调制通过这一物质的辐射。热敏电阻测辐射热器（热敏电阻器）在探测低温源来的辐射有很广泛的应用。超导现象已被用来制成非常灵敏的测辐射热器。

红外技术的另一个重要领域是关于辐射源的发展。热源的发射本质具有两个严重的缺点：它们无法用快速探测器的工作频率去调制，它们是非相干光。在这一领域内的进展过去是很慢的，然而目前在受激发射技术方面的发展，表示出有克服这些缺点的希望。

用作透红外的窗口、透镜和棱镜的材料研究也许是从 Melloni 开始的，他发现氯化钠对红外光谱的大部分都是透明的。其后，

Desains 发现氟化钙(氟石)也是很好的透红外材料,而且还有不潮解的优点. 在 Desains 的实验之后,其他的研究者又报导了更多有用的透红外材料. 其中氯化银和溴化银是很好的长波段的窗口材料.

在 40 年代中,德国创造了两种可以从熔融状态生长的混合晶体: KRS-5 和 KRS-6. 近来,象锗和硅之类的半导体材料也被用来制红外的透镜和窗口. 近十年来又发展了很多种透红外的玻璃.

滤光片是近年来受到红外技术领域工作者重视的另一类光学元件. 多层干涉滤光片的制造技巧已有很显著的进步,而可随时供应. 半导体也已用作红外滤光材料.

除上述工作以外,在发展观察整个红外象的方法方面也进行了很多工作. 这些努力主要是沿两条路线. 第一种技术是利用单元型或多元型探测器. 这是使探测器移动,或者是使相联的光学元件移动,以便对红外景色扫描. 能够获得整个红外象的第二种而且更有意义的方法是:使整个红外景色成象在大面积的探测器上,而后用电子束对探测器面扫描. 这两种方法都可以用热探测器和光子探测器,但由于后者的响应较快,所以用得较多.

在民用方面,红外的应用正在迅速地扩大. 早在本世纪 20 年代的末期,化学家就认识到可以用红外作为识别分子和分子组的工具. 今天,这一不需要破坏材料的分析方法已用在工业上、医学上以及其他科学研究中. 对于无法或不便于用测量仪器接触到的受热物体,红外也可以用来测量它的温度. 这种可能例子已有很多,其中有金属压延过程的控制、火车的轴承箱的探测和爆炸室内温度的测量.

红外在军事上的应用是很广泛的. 这里有好几个理由. 第一,大部分对军事有关的目标:车辆、部队、机场、工厂等等同普通地面具有不同的温度或不同的比辐射率,或两者都不同. 因此,它们具有不同的辐射特性,而且很难伪装,用红外器件就很容易看出来.



第二,紅外系統可以担任很多被动式的任务,也就是利用它所找寻目标本身发射出来的輻射。这有一个优点,就是檢測器不会暴露自己,而雷达系統却容易暴露自己。第三,紅外同无綫电或雷达相比时,能更細致地显示出目标,因为它所用的波长比較短。

下列一些类型的設備中已利用了紅外的这些优点。为導彈的制导发展了很小巧而輕的紅外仪器。用紅外找寻和跟踪敌軍目标,并控制开火。甚至在完全的黑夜中,这一技术也可使敌軍的运动处于監視之下。紅外設備在軍事上能用来摄取地面的热象,从其中发现街道、鐵道、建筑物和導彈发射場之类的东西。主动式的紅外系統虽然缺少前述的优点之一,但这样的系統已經有效地用在:如夜間瞄准器和夜視器。