

红外系统原理

国防工业出版社

红 外 系 统 原 理

〔美〕R. D. 小哈得逊 著

《红外系统原理》翻译组 译

国防工业出版社

1975

内 容 简 介

本书是“红外系统工程”一书中的第一部分，其内容涉及到典型目标的辐射特性、大气传输、光学系统和光学材料、光学调制、红外探测器及致冷器、信号处理与显示等问题；另外还从系统的角度论述了各部件间的基本关系式，并从工程综合的观点导出了各类红外系统的作用距离方程式，最后还以民用喷气运输机上的红外搜索系统为例，介绍了系统的设计方法。

本书主要读者对象为红外装置的设计人员，对有关专业的科研人员和教学人员亦可参考。

INFRARED SYSTEM ENGINEERING
RICHARD D. HUDSON, JR.
JOHN WILEY & SONS, INC. 1969.

*

红 外 系 统 原 理

(只限国内发行)

[美] R. D. 小哈得逊 著

《红外系统原理》翻译组 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 17 393 千字

1975 年 6 月第一版 1975 年 6 月第一次印刷 印数：0,001—4,000 册

统一书号：15034·1400 定价：1.75 元

目 录

第一章 红外系统导论	7
参考文献	11
第二章 红外线辐射	13
§ 2-1 电磁频谱	13
§ 2-2 测量辐射能量所用的术语	14
§ 2-3 辐射通量的测量	18
§ 2-4 热辐射	20
§ 2-5 发射本领和基尔霍夫定律	24
§ 2-6 选择性辐射体	28
§ 2-7 辐射计算工具	32
§ 2-8 其它的黑体关系式	36
参考文献	38
第三章 红外线辐射源	41
§ 3-1 黑体型辐射源	41
§ 3-2 辐射能源的标准	47
§ 3-3 通用红外线辐射源	48
§ 3-4 目 标	50
§ 3-5 背 景	62
参考文献	64
第四章 红外辐射通过地球大气的传输	69
§ 4-1 地球大气	70
§ 4-2 水蒸汽	71
§ 4-3 二氧化碳	75
§ 4-4 吸收红外线的其它气体	76
§ 4-5 大气透过率的野外测量	77
§ 4-6 研究大气传输的实验和分析方法	81
§ 4-7 大气透过数据表	84
§ 4-8 大气中的散射影响	93
§ 4-9 雨的传输	96
§ 4-10 大气闪烁	97
参考文献	97
第五章 光 学	102
§ 5-1 折射和反射	102
§ 5-2 光学系统	104
§ 5-3 影响象质的因素	108
§ 5-4 典型的红外光学系统	115
§ 5-5 辅助光学系统	119

§ 5-6 产生扫描图形的方法	121
§ 5-7 红外光学材料	123
§ 5-8 增透膜	128
§ 5-9 高反射膜	130
§ 5-10 滤光片	131
§ 5-11 准直仪	132
参考文献	135
第六章 光学调制	140
§ 6-1 背景识别的光学滤波	140
§ 6-2 用调制盘进行背景过滤	141
§ 6-3 用调制盘提供方位信息	142
§ 6-4 不用调制盘的跟踪系统	150
§ 6-5 调制盘设计的评论	150
§ 6-6 调制盘的制作	152
参考文献	153
第七章 探测器引论	156
§ 7-1 如何表示探测器的性能	157
§ 7-2 热探测器	159
§ 7-3 光子或量子探测器	162
§ 7-4 探测器的比较	168
§ 7-5 光学浸没探测器	170
§ 7-6 成象探测器	172
参考文献	174
第八章 噪 音	178
§ 8-1 噪音的种类	179
§ 8-2 等效噪音带宽	182
§ 8-3 噪音的统计学	183
§ 8-4 噪音测量电表	185
§ 8-5 噪音指数	186
参考文献	187
第九章 探测器特性的测量	188
§ 9-1 需测的参数	188
§ 9-2 探测器的基本测试装置	188
§ 9-3 探测器基本测试装置的使用	192
§ 9-4 光谱响应的测量	198
§ 9-5 时间常数的测量	200
§ 9-6 探测器响应轮廓的测量	201
参考文献	201
第十章 现代探测器及其性能的最最终限	202
§ 10-1 背景限制光子探测器	202
§ 10-2 热探测器的性能极限	206
§ 10-3 选择探测器应考虑的问题	207

§ 10-4 几种探测器的工程数据	209
参考文献	218
第十一章 探测器致冷技术	219
§ 11-1 致冷探测器的装配	219
§ 11-2 低温致冷剂	220
§ 11-3 开式循环致冷器	221
§ 11-4 闭式循环致冷器	226
§ 11-5 固态致冷器	229
§ 11-6 探测器和致冷器的组装	230
参考文献	231
第十二章 信号处理和显示	233
§ 12-1 总的考虑	233
§ 12-2 前置放大器	234
§ 12-3 信号处理中的其它考虑	238
§ 12-4 多通道系统	239
§ 12-5 显 示	240
参考文献	241
第十三章 红外系统分析	244
§ 13-1 作用距离的普遍方程式	244
§ 13-2 背景限制探测器的一般作用距离方程式	246
§ 13-3 特殊系统的作用距离方程式	247
§ 13-4 行扫描热成象系统	250
§ 13-5 辐射计	253
§ 13-6 系统性能的指标	254
参考文献	255
第十四章 红外搜索系统的设计	257
§ 14-1 预备性研究	257
§ 14-2 系统的综合和分析	258
§ 14-3 综合研究和系统最终设计	262
附录 1 本书所用符号和缩写	266
附录 2 换算系数	270

红 外 系 统 原 理

〔美〕R. D. 小哈得逊 著

《红外系统原理》翻译组 译

国防工业出版社

1975

内 容 简 介

本书是“红外系统工程”一书中的第一部分，其内容涉及到典型目标的辐射特性、大气传输、光学系统和光学材料、光学调制、红外探测器及致冷器、信号处理与显示等问题；另外还从系统的角度论述了各部件间的基本关系式，并从工程综合的观点导出了各类红外系统的作用距离方程式，最后还以民用喷气运输机上的红外搜索系统为例，介绍了系统的设计方法。

本书主要读者对象为红外装置的设计人员，对有关专业的科研人员和教学人员亦可参考。

INFRARED SYSTEM ENGINEERING
RICHARD D. HUDSON, JR.
JOHN WILEY & SONS, INC. 1969.

*

红 外 系 统 原 理

(只限国内发行)

[美] R. D. 小哈得逊 著

《红外系统原理》翻译组 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 17 393 千字

1975 年 6 月第一版 1975 年 6 月第一次印刷 印数：0,001—4,000 册

统一书号：15034·1400 定价：1.75 元

译 者 的 话

遵照毛主席关于“洋为中用”的教导,我们翻译了《红外系统原理》一书,供有关人员参考。

红外线的发现可以追溯到十九世纪初叶,但红外线的应用成为一门实用的工程技术也还是第二次世界大战期间的事。今天的红外技术在军事、工农业、医学和科学研究各部门都在成功地被运用着。本书旨在从系统的观点来论述红外装置各部分的工程设计及其相互联系,故它对红外装置的设计人员有一定参考价值。

本书涉及到红外物理、红外技术和系统工程三方面的内容,具体谈了以下几个问题:典型目标的辐射特性、大气传输、光学系统和光学材料、光学调制、红外探测器及致冷器、信号处理与显示;第十三章从系统的角度论述了各部件间的基本关系式,并从工程综合的观点导出了各类红外系统的作用距离方程式;第十四章以民用喷气运输机上的红外搜索系统为例,概略地说明了系统的设计方法。

本书在内容的论述上也还存在一定的问题。许多重要的红外系统都是自动系统,故回路分析技术和模拟实验研究是必须论及的。调制盘的设计,除考虑空间滤波外,有时还要考虑多目标分辨以及满足一定的调制曲线的要求。另外,书中论述的某些观点现在看来是陈旧了。近年来红外技术的一些新进展,特别是六十年代激光技术的发展,将使红外系统的设计出现崭新的局面。如象微波偏压技术、红外外差探测技术的采用将大大提高系统的灵敏度,估计这些技术将首先用于光通讯和光雷达系统上。书中对热探测器论述比较悲观,而近年来热释电探测器有了关键性的突破,元件的响应速度和探测率的水平很令人鼓舞。就探测器来说,近年来发现了一系列新的红外探测效应,如热电和热磁效应、能斯特效应、等离子体猝灭效应、超导约瑟夫逊效应、点接触、液晶、异质结、电场猝灭效应等,大大丰富了探测器的种类。关于红外成象,应该指出,国外正利用非线性光学材料中红外辐射和近红外相干光的相互作用,将红外图象转换为可见光图象。当然,上述研究目前还未脱离实验研究阶段,这说明红外技术也还是一门发展中的技术。

原书反映的资产阶级观点很浓,某些论述在政治上也很反动,尽管译文对此作了些删节,但可能仍有不足之处,望读者用批判的眼光来阅读它,排泄其糟粕,吸收其有用部分。

由于我们思想水平和业务水平有限,译文中的问题在所难免,望读者加以指正。

目 录

第一章 红外系统导论	7
参考文献	11
第二章 红外线辐射	13
§ 2-1 电磁频谱	13
§ 2-2 测量辐射能量所用的术语	14
§ 2-3 辐射通量的测量	18
§ 2-4 热辐射	20
§ 2-5 发射本领和基尔霍夫定律	24
§ 2-6 选择性辐射体	28
§ 2-7 辐射计算工具	32
§ 2-8 其它的黑体关系式	36
参考文献	38
第三章 红外线辐射源	41
§ 3-1 黑体型辐射源	41
§ 3-2 辐射能源的标准	47
§ 3-3 通用红外线辐射源	48
§ 3-4 目 标	50
§ 3-5 背 景	62
参考文献	64
第四章 红外辐射通过地球大气的传输	69
§ 4-1 地球大气	70
§ 4-2 水蒸汽	71
§ 4-3 二氧化碳	75
§ 4-4 吸收红外线的其它气体	76
§ 4-5 大气透过率的野外测量	77
§ 4-6 研究大气传输的实验和分析方法	81
§ 4-7 大气透过数据表	84
§ 4-8 大气中的散射影响	93
§ 4-9 雨的传输	96
§ 4-10 大气闪烁	97
参考文献	97
第五章 光 学	102
§ 5-1 折射和反射	102
§ 5-2 光学系统	104
§ 5-3 影响象质的因素	108
§ 5-4 典型的红外光学系统	115
§ 5-5 辅助光学系统	119

§ 5-6 产生扫描图形的方法	121
§ 5-7 红外光学材料	123
§ 5-8 增透膜	128
§ 5-9 高反射膜	130
§ 5-10 滤光片	131
§ 5-11 准直仪	132
参考文献	135
第六章 光学调制	140
§ 6-1 背景识别的光学滤波	140
§ 6-2 用调制盘进行背景过滤	141
§ 6-3 用调制盘提供方位信息	142
§ 6-4 不用调制盘的跟踪系统	150
§ 6-5 调制盘设计的评论	150
§ 6-6 调制盘的制作	152
参考文献	153
第七章 探测器引论	156
§ 7-1 如何表示探测器的性能	157
§ 7-2 热探测器	159
§ 7-3 光子或量子探测器	162
§ 7-4 探测器的比较	168
§ 7-5 光学浸没探测器	170
§ 7-6 成象探测器	172
参考文献	174
第八章 噪 音	178
§ 8-1 噪音的种类	179
§ 8-2 等效噪音带宽	182
§ 8-3 噪音的统计学	183
§ 8-4 噪音测量电表	185
§ 8-5 噪音指数	186
参考文献	187
第九章 探测器特性的测量	188
§ 9-1 需测的参数	188
§ 9-2 探测器的基本测试装置	188
§ 9-3 探测器基本测试装置的使用	192
§ 9-4 光谱响应的测量	198
§ 9-5 时间常数的测量	200
§ 9-6 探测器响应轮廓的测量	201
参考文献	201
第十章 现代探测器及其性能的最最终限	202
§ 10-1 背景限制光子探测器	202
§ 10-2 热探测器的性能极限	206
§ 10-3 选择探测器应考虑的问题	207

§ 10-4 几种探测器的工程数据	209
参考文献	218
第十一章 探测器致冷技术	219
§ 11-1 致冷探测器的装配	219
§ 11-2 低温致冷剂	220
§ 11-3 开式循环致冷器	221
§ 11-4 闭式循环致冷器	226
§ 11-5 固态致冷器	229
§ 11-6 探测器和致冷器的组装	230
参考文献	231
第十二章 信号处理和显示	233
§ 12-1 总的考虑	233
§ 12-2 前置放大器	234
§ 12-3 信号处理中的其它考虑	238
§ 12-4 多通道系统	239
§ 12-5 显 示	240
参考文献	241
第十三章 红外系统分析	244
§ 13-1 作用距离的普遍方程式	244
§ 13-2 背景限制探测器的一般作用距离方程式	246
§ 13-3 特殊系统的作用距离方程式	247
§ 13-4 行扫描热成象系统	250
§ 13-5 辐射计	253
§ 13-6 系统性能的指标	254
参考文献	255
第十四章 红外搜索系统的设计	257
§ 14-1 预备性研究	257
§ 14-2 系统的综合和分析	258
§ 14-3 综合研究和系统最终设计	262
附录 1 本书所用符号和缩写	266
附录 2 换算系数	270

第一章 红外系统导论

我们所说的红外线，是电磁频谱的一个部分，这一波段位于可见光和微波之间。红外线定量表示时，是指波长从 0.75 微米到 1000 微米的波段。自从 1800 年，英国的天文学家赫谢耳为了寻找在观察太阳时保护自己眼睛的方法而发现了“不可见光线”以来^[1~3]，在一个半世纪中，很多人投入了这方面的研究，把偶然的发现转变为坚实的工程学科。这里将简述这些历史的片段，作者相信，如果知道这些来由，很多新的概念将更容易理解和接受^[5~9]。

赫谢耳把这一新的频谱波段曾命名为“不可见光线”、“热谱线”、“致热线”和“暗中热”，但从未用过“红外线”这一名称，而且 1800 年以前出版的文献中都没有这个词。由于“红外线”这个词有一个明显的拉丁语词根^①，因此可能未经任何特别的提倡就习惯用了。

在观测中，赫谢耳试验用着色玻璃滤光片作为减弱太阳影象亮度的工具。他注意到，虽然它们都能使亮度减弱，但有些滤光片透过热量很少，而有些滤光片透过热量很多，以致于观察只能限定在数秒钟内，否则眼睛会受到永久性的损伤。因此，他决定系统地研究各种滤光器，以找出一种既能按要求减小亮度，又能最大限度地降低热量的滤光物质。他第一步是先研究太阳的光热效应。赫谢耳使用玻璃棱镜得到了太阳光的光谱。光谱的各种色光投射到工作台上，工作台正好支住他的辐射探测器——灵敏的水银玻璃温度计。通过温度计上涂黑的水银球在光谱中各处引起的温升的记录，他测得了不同色光的热效应。从光谱的蓝色端开始测起，赫谢耳发现，当温度计移向红端时，热效应不断增加。这一实验并不新奇，1777 年前，就有人进行过类似的实验^[5]。然而，赫谢耳领悟到应该有热效应达到最大的一个点，而把测量局限于光谱的可见光部分是找不出这个点来的。当他把温度计移到了光谱的红光以外的黑暗部分时，此时，眼睛看不见光线，而热效应不仅依然存在，并且继续加强。他发现这个最大点位于光谱红色端之外很远处，即我们现在所说的红外波段区域。

利用上述装置，赫谢耳又测量了火焰、蜡烛及炊事火炉的辐射。基于这些测量，他提出了光和热是同一个东西的论点，这个问题搁置了很多年没有解答。通过在温度计前放和不放滤光器时温升的比较，赫谢耳第一次实现了滤光器对各种色光透过范围的粗略测量。他的实验用了近 50 种物质样品，如着色玻璃、天然晶体、水、葡萄酒、杜松子酒、白兰地酒、纸张及薄布等。通过这些测量他选择用盛满着色的水的玻璃容器作为滤光器。

赫谢耳的研究说明了：(1)存在着适用于探明频谱中这一新波段的满意的探测器；(2)光和热是基本类似的这一引起人们议论的问题；(3)各种材料对热和光的透过规律大不相同。直到十九世纪出现了一个元件发展的时期，才使我们今天有可能应用红外技术来解决军事、科学、工业和医学方面的各种问题。

温度计作为辐射探测器，直到 1830 年前，都没有引起争论。用赫谢耳的温度计作一次观察要长达 16 分钟，而读数只能判读到约 0.5° 。用装有显微镜的快速反应温度计可读出 0.1° 的温度增量。后来出现了热电偶，这是一个基于热电效应而改进的热电温度计。1833 年，

① Infra——是拉丁语的前缀，意为之下或在下。因此，红外区是红光以下的区域。

Melloni 用几个热电偶串联做成了热电堆, 它比当时做得最好的温度计至少灵敏 40 倍, 而且能够从 30 呎以外探测到人体的热量⁽⁷⁾。

1840 年, 约翰·赫谢耳提出了一种基于油层薄膜上各点蒸发不等而构成热图象的辐射探测方法。1929 年, Czerny 改进并发展了这种方法, 随后则构成了第七章叙述的现代蒸发记录仪的基础。1843 年, Becquerel 发现, 某些材料在红外线辐照下会发出磷光。这类磷光体至今还在比较简单的探测和通讯系统中使用。大约与此同时, Becquerel 已能证实, 用摄影术可深入到红外波段的一小段范围。1883 年, Abney 用特别灵敏的照相底片, 探测到 1.3 微米的波长, 这是直到今天还存在的极限。

十九世纪八十年代, 又发现了一些高灵敏的新探测器。特别值得注意的是 Langley 的测辐射热计⁽⁸⁾, 它比 Melloni 的热电堆的灵敏度约高 30 倍。1901 年, Langley 和 Abbot 发表了他们研制的一种改进型的测辐射热计, 它能探测到 1/4 哩外的奶牛身上的热辐射。

1917 年, Gase 研制了亚硫酸铯探测器, 首次利用了红外线的光电导效应。与早期的利用入射辐射热效应的温度计、热偶和测辐射热计不同, 光电导探测器利用入射辐射的光子和探测器材料的电子结构之间的直接相互作用。这类探测器比以前使用的任何探测器都灵敏得多, 而且响应也快得多。第二次世界大战期间, 德国有人第一次证实了, 冷却探测器能增加灵敏度。自第二次世界大战以来, 光电导或光子探测器发展相当迅速, 现在已可用于红外波段的任一部分。

今天我们知道, 红外线或热辐射和可见光是电磁辐射的两种形式, 其差别只是波长和频率不同。这个问题曾引起赫谢耳的兴趣, 但据他的论文来看, 显然在其研究过程中曾几次改变了自己的见解。这些早期工作者们遭遇的困难, 多半归因于他们无法测量出波长来。光是波动的一种形式, 这在十七世纪后期就提出来了, 但直到 1804 年, Young 才第一次测出可见光的波长。精确地测量红外波长的工作, 进展得很慢, 直到 1898 年才测量出超过了 150 微米的波长。

尽管赫谢耳的设备粗糙, 但仍证实了各种光学材料的红外透明度存在很大的差异。另外, 他也证实了新发现的热线已和可见光完全相同的规律被反射。因此, 他得出结论, 反射式光学系统, 即平面反射镜或曲面反射镜, 特别适用于研究光谱的这一新波段, 这个结论至今仍旧正确。Melloni 对各种光学材料的透明度做了更为详尽的研究, 他指出普通光学玻璃对红外光的透明度是有限的。他最重要的发现是岩盐能显著地透过红外线, 并制作了各种岩盐透镜和棱镜, 把它们用于最终构成了现代红外分析光谱学基础的技术发展之中。随后的几年中, 已经可以得到 100 多种在红外波段某些部分有合用透明度的光学材料特性的资料。

Melloni 对太阳辐射进行了定量测量, 1839 年他记录了各种变化, 并正确地归因于地球大气层中水蒸汽对太阳辐射的吸收。他发明的把太阳作为大气传输测量用的光源这一技术, 至今一直广泛地使用着。Langley 继续了这项研究, 作出了各种吸收带的图谱, 并正确地验证了大部分吸收介质。1883 年到 1900 年间报导的这类测量已超出了 5 微米。1917 年, Fowle 将其扩展到 13 微米; 1942 年, Adel 达到 24 微米。到五十年代初期, 从 24 微米到 1000 微米微波范围间的空隙, 全部被其它工作者所填补。

二十世纪初叶, Coblentz^(10,11) 开创了红外光谱学和精密辐射学的应用; 制订并沿用了一套热辐射的国际标准; 对恒星和行星的温度进行了辐射测量; 把红外光源用于医疗过程; 发展了保护眼睛的红外吸收玻璃。1910 年到 1920 年间的专利文献就论及到诸如探测船舰、飞

机、人体、炮兵阵地和冰山的装置，还有如保密通讯设备、防盗预警、温度遥测以及空投鱼雷导引等设备。

第一次世界大战期间，双方都制订了红外线军事应用的研究计划，且有少数实验性通讯设备经历了有限战场的考验。此时设计的一种红外搜索系统已经能探测到 1 哩远处的飞机和 1000 呎距离的人。

第一次和第二次世界大战之间这一段时期，是以光子探测器和变象管的发展以及化学中使用的主要分析技术之一的红外光谱学的出现作为标志^[12~14]。第二次世界大战前夕发明的变象管，由于能在夜间看到人，在军事上引起了极大的兴趣。变象管的实质，是把入射的红外波长的象变换成人眼可见的象，因为很少有军事目标在变象管的响应范围——1 微米附近产生强的辐射，于是就需要提供一种照射源。在钨灯前安装上能滤去可见光的滤光片，就得到了这种光源。作为这种光源战时发展的副产品，是能隐蔽光束的汽车前灯，实际上它在所有现代汽车上都能见到。使用变象管的系统称为主动式系统，这和雷达是一样的。因为系统首先必须照射目标，然后探测反射回的辐射。相反，被动式系统并不发出辐射，只是接收由目标产生的辐射。

第二次世界大战期间，只有少数的红外装置达到了生产阶段，而且几乎全是主动式的。德国生产的红外通讯系统——光通话系统，曾于 1941 年到 1943 年在非洲沙漠上大规模坦克会战期间有效地使用过。把变象管和坦克的火控系统结合起来，这也许是德国人所作的第一个红外系统工程的工作。这种系统 1944 年曾用于东线，在夜战中起了显著作用^[15]。美国在战时为海军发展了一种红外通讯系统和供探测主动式系统光源用的轻便观察仪，还有一种固定在卡宾枪上的瞄准镜，它由一个变象管和照明器组成，使士兵能准确击中处于完全黑暗中的 75 码外的目标。美国和德国双方在发展利用变象管的夜间驾驶系统方面，都取得了进展，但战争结束前，在战场上使用的系统为数很少。

战后，新型的和改进型的探测器，以及透红外光学材料的高速发展，还有它们在各种军事问题上的应用，都非常值得注意。类似的各种技术也应用于解决工业、科学和医学上的各种问题。五十年代后期公开报导了“响尾蛇”和“猎鹰”两种热自动寻的红外导弹的情况，以后又把红外技术应用于空间飞行器的姿态稳定、行星温度测量、非破坏性试验，以及在大众医学新闻中热烈报导的癌症早期探测等。

科学发明日新月异，这就要求开辟新的途径来加速其应用，以充分满足人类的需要。其结果之一就是使单个的发明家逐渐消失，而被按照一条总的原则办事的一批有组织的人所代替^[20]。

有组织的创造工程学，包含将某一基本发现转变为有用而又能制造的装置这一技术的整个过程。这种最新的技术就是系统工程。它阐明的是一种专门设计的方法论，从而给出设计周期最短、最有效能的一条设计途径。对系统工程有各种各样的看法。本书的目的只是想谈谈如何利用系统工程的某些方法来指导红外系统的发展。

系统是各个部件的组合，通过部件相互间的协调作用来达到某种目的。这个定义有意说得广一些，而当我们定义各个部件、它们的作用或者系统的用途时，就可谈得更专门一些。有些系统，如武器系统或通讯系统是具体的。十分明显，对某些人来说，几个元件装在一起就是系统，而对另外一些人，它们只不过是一个部件或分系统。光学设计师认为他设计的是一个光学系统，而导弹设计师对组成其导弹的制导分系统中的光学、机械、电子部件并不一

定很关心；用于防空时，则把导弹看成为截击机携带的、构成远程防空系统分系统的一个部件。

系统工程作为一个术语，很难用一句话来准确定义⁽²¹⁾。就最简单的意义来说，系统工程是采用有条理的方法设计系统，特别是设计相当复杂以致于没有任何一个人能明白其全部工程细节的系统的指导方针。给它下一个实用的定义，则和本书的目的更为相符。这个定义应该强调工作的方式，而这正是系统工程的特点。虽然没有哪两个系统是严格按同一方法设计的，但研究一下成功的设计就可以看出一个共同点，它包括以下阶段的全部或一部分：

1. 认识性研究；
2. 明确问题；
3. 确定性能要求；
4. 系统综合；
5. 系统分析；
6. 系统设计；
7. 系统性能鉴定；
8. 工程完善化。

认识性研究提出背景材料供管理人员制定长远规划使用。它们对整个技术领域进行广泛调查，如通讯系统、战场监视或辐射分布，并着重于调查现在和将来的需要及其实施的方法。当然，根本目的还是认清本机构有条件满足的现在和将来的需要。

明确问题阶段开始于某种需要已被认识，且管理人员决定进一步研究能符合本机构的最大利益。先是复查认识性阶段提出的有关报告，并觅集能更透彻阐明问题的进一步资料。必需确定使用的具体要求，并制订出可以衡量全部满足或部分满足各个要求有多大价值的标准。不仅应根据当前需要来确定系统该具有的功能，而且要最好地预计到将来的境况也能应用。还必须搞清楚影响系统的诸因素，如成本、重量、体积、可靠性，以及操作的复杂程度等，而且制订能确定其相对重要性的准则。

确定性能要求是对上一阶段的一个逻辑补充。这一阶段应详细说明系统的作用和要求。这些性能要求，通常称为**设计指标**，它给设计师提供系统的输入、输出和各种限制的定量数据。此外，它们可以作为理想系统的轮廓，供系统工程师在其后的设计阶段和其它设计方案进行比较时使用。

系统综合就是做出能满足上述确定的性能要求的系统模型或初步方案。通常是提出若干个可供选择的初步方案，因为在此阶段要明确哪一个方案完全合用，还为时过早。

所提出的各种初步方案应在**系统分析**阶段进行严格的评价。最终目的是挑选出一种方案，或一组方案，作为最有希望实现系统指标的手段。系统分析人员使用各种分析模型，就可估计用各种初步方案搞出的系统的性能。这些结果很容易与性能要求相比较，而得出系统总体性能的定量指标。

系统设计过程包括变某一最佳方案为现实所需的全部步骤。它是系统工程过程中首次具体涉及到装置的螺钉和螺母设计的阶段。设计过程并不是风平浪静的，往往是在初步设计和系统分析之间打转，以对系统总体性能和上述确定的性能要求进行比较，最后得出能很好达到系统各项指标的设计。这种过程常常称为**综合性研究**。

系统性能鉴定是从设计阶段生产出第一个产品时开始的，目的是获得系统在其正常环境

中运用时的最终鉴定。系统工程师是非常关心这一结果的,因为它们暴露的任何缺陷都能引起设计师们的注意,以便及早纠正。从这一阶段吸取的经验和教训,构成了许多无形的专门技巧的基础,而这种专门技巧正是搞系统工程的专门机构的必备条件。

工程完善化阶段是从系统最终装配完成起,直到该产品整个有用寿命结束为止。其目的是为设计部门不断提供有关系统的性能、设计缺陷、可靠性、失效机理,以及预先未认识到的系统特殊功能的报告。一个系统的指标在整个使用期内很少保持不变,很可能要加码,因而系统工程师必须时刻注意,按照需要去提高和改进系统^[21~24]。

图 1-1 中的原理图表明了红外系统的各个部分。

目标是一个感兴趣的物体,通常就是系统存在的真正前提。按照本书的目的,假定目标发射的能量处于频谱的红外波段。设计的系统可以用来探测目标的存在;当目标运动时去跟踪它;搜集识别目标的信息或者测定其温度。假如,目标的辐射通过地球大气的任一部分,由于大气不是理想透明体,辐射就会被衰减。光学接收器很类似于雷达天线,它会聚由目标产生的部分辐射,并传送给将辐射转变成电信号的探测器。在辐射到达探测器之前,需通过光学调制器,在此对与目标方向有关的信息或有助于从不需要的背景

细节中区分出目标的信息进行编码。由于某些探测器必须致冷,所以系统的组成部分之一便是致冷装置。从探测器来的电信号,经过放大处理,从而取出经过编码的目标信息。最后一步就是利用此信息去自动控制某些过程,或者把信息显示出来,以供观察人员判读。

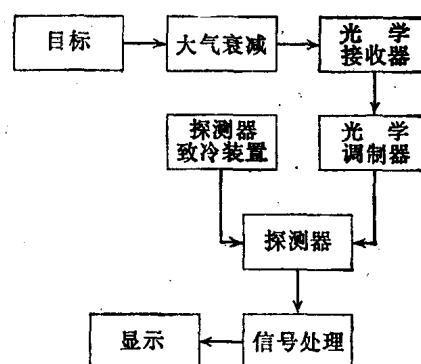


图 1-1 红外系统原理

参 考 文 献

- [1] W. Herschel, "Investigation of the Powers of the prismatic Colours to heat and illuminate Objects;with Remarks, that prove the different Refrangibility of radiant Heat. To which is added, an Inquiry into the Method of viewing the Sun advantageously, with Telescopes of large Apertures and high magnifying Powers," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **90**, 255(1800).
- [2] W. Herschel, "Experiments on the Refrangibility of the invisible Rays of the Sun," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **90**, 284(1800).
- [3] W. Herschel, "Experiments on the solar, and on the terrestrial Rays that occasion Heat; with a comparative View of the Laws to which Light and Heat, or rather the Rays which occasion them, are subject, in order to determine whether they are the same, or different," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **90**, 293, 437 (1800).
- [4] A. Pogo, "Herschel, Sir William," *Encyclopedia Britannica*, **11**, 520 (1963).
- [5] E. S. Barr, "Historical Survey of the Early Development of the Infrared Spectral Region," *Am. J. Phys.*, **28**, 42 (1960).
- [6] E. S. Barr, "The Infrared Pioneers-I. Sir William Herschel," *Infrared Phys.*, **1**, 1 (1961).
- [7] E. S. Barr, "The Infrared Pioneers-II. Macedonia Melloni," *Infrared Phys.*, **2**, 67 (1962).
- [8] E. S. Barr, "The Infrared Pioneers-III. Samuel Pierpont Langley," *Infrared Phys.*, **3**, 195(1963).
- [9] W. N. Arnquist, "Survey of Early Infrared Developments," *Proc. Inst. Radio Engrs.*, **47**, 1420 (1959).
- [10] "List of Scientific Publications of W. W. Coblentz," *J. Opt. Soc. Am.*, **36**, 62 (1946).
- [11] "Coblentz Commemorative Issue," *Appl. Opt.*, Vol. 2(November 1963).
- [12] N. Jones, "Infrared Spectroscopy," *Intl. Sci. Tech.*, January 1965, p. 35.