

电子战原理

[美国] R. J. 希勒辛格著



国防工业出版社

59

73.67
286

电 子 战 原 理

〔美国〕R. J. 希勒辛格著

刘雄冠 王洪儒 張秀岐 譯

祝宇辰 顾伯忠 屠世楨 校



國防工業出版社

1965

出版者的話

本书从军事战术和工程技术的角度出发,借助于数理方法,对电子战的基本原理和若干問題作了系統的闡述和分析,是目前有关武器系統間电子对抗与反对抗的一本較为系統而詳細的著作,可供軍事学术研究人員和无线电工程技术人員閱讀。

本书系由美国通用动力公司所屬 Convair 公司系統分析专家 R. J. Schlesinger 主笔并与 K. Abbey, R. W. Ehrhorn, K. J. Friedenthal, S. H. Logue 等合作写出。该书是美国出版的,其中自然会有許多观点和說法是不正确的。从字里行間我們可以看到作者从唯武器論的立場出发,夸耀武器系統的作用,宣揚美帝国主义的軍事实力,为美帝国主义的战争政策服务。鉴于本书尚有一定的参考价值,故仍保留原书的風貌,基本上未加删节,譯成中文予以出版。

DT30/18

PRINCIPLES OF ELECTRONIC WARFARE

[美国] R. J. Schlesinger

PRENTICE-HALL, Inc. 1961

*

电子战原理

刘雄冠 王洪儒 張秀岐 譯

祝宇辰 顧伯忠 屠世楨 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850 × 1168 ¹/₃₂ 印張 7 ¹/₈ 183 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数: 0,001—2,700 册

統一书号: 15034·931 定价: (科七) 1.20 元

目 录

序	4
第一章 电子战问题的范围	5
一、电子战问题若干原理	5
二、技术优势与秘密武器	7
三、电子对抗战术应用过程的研究	9
四、电子对抗设备—系统	
总体的一个组成单元	12
第二章 技术与战术	15
一、战术方面的考虑	15
二、噪声干扰	18
三、欺骗式干扰机	19
四、其它雷达干扰器材	21
五、电子对抗环境中空战的	
典型分析	23
六、战术范例	28
第三章 噪声、概率和信息恢复	33
一、噪声与信息传输	
系统的关系	33
二、噪声理论的初步介绍	33
三、概率论和统计学初步	38
四、从噪声背景中恢复	
信号的信息	41
五、检测与相关	47
六、在电子对抗环境(ECM)中的	
信号检测	51
第四章 电子侦察	62
一、电子侦察的目的	62
二、电子情报	63
三、检测概率—侦收概率	67
四、搜索方式	69
五、飞越目标的概率	71
六、飞越目标的分辨能力	74
七、“水平扫描”的分辨能力	78
八、侦收的相关性	85
九、“敏感元件”的一般特性	87
十、接收机的样式	89
第五章 雷达研究	94
一、雷达对抗的方法	94
二、活动目标的显示	125
三、目标跟踪系统	127
四、雷达的一般概念	133
五、电子对抗对雷达的影响	140
六、雷达对抗技术	145
第六章 天线在电子战中的作用	151
一、天线特性参数	151
二、传播问题	158
三、天线的应用	163
第七章 最佳化——约束和不完整信息	173
一、电子对抗装备特性	
的最佳化	173
二、有效性函数的定义	182
三、飞机的有效负载在武器和电子	
对抗设备之间的最佳分配	190
第八章 空间时代电子战的若干问题	197
一、空间环境的某些基本问题	200
二、空间任务——通信和侦察	209
三、空间工作对雷达和雷达	
对抗的某些影响	222
参考文献	226

73.67
286

电 子 战 原 理

〔美国〕R. J. 希勒辛格著

刘雄冠 王洪儒 張秀岐 譯

祝宇辰 顾伯忠 屠世楨 校



國防工業出版社

出版者的話

本书从军事战术和工程技术的角度出发,借助于数理方法,对电子战的基本原理和若干問題作了系統的闡述和分析,是目前有关武器系統間电子对抗与反对抗的一本較为系統而詳細的著作,可供軍事学术研究人員和无线电工程技术人員閱讀。

本书系由美国通用动力公司所屬 Convair 公司系統分析专家 R. J. Schlesinger 主笔并与 K. Abbey, R. W. Ehrhorn, K. J. Friedenthal, S. H. Logue 等合作写出。该书是美国出版的,其中自然会有許多观点和說法是不正确的。从字里行間我們可以看到作者从唯武器論的立場出发,夸耀武器系統的作用,宣揚美帝国主义的軍事实力,为美帝国主义的战争政策服务。鉴于本书尚有一定的参考价值,故仍保留原书的風貌,基本上未加删节,譯成中文予以出版。

DT30/18

PRINCIPLES OF ELECTRONIC WARFARE

[美国] R. J. Schlesinger

PRENTICE-HALL, Inc. 1961

*

电子战原理

刘雄冠 王洪儒 張秀岐 譯

祝宇辰 顧伯忠 屠世楨 校

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可證出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850 × 1168 ¹/₃₂ 印張 7 ¹/₈ 183 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数: 0,001—2,700 册

統一书号: 15034·931 定价: (科七) 1.20 元

目 录

序	4
第一章 电子战问题的范围	5
一、电子战问题若干原理	5
二、技术优势与秘密武器	7
三、电子对抗战术应用过程的研究	9
四、电子对抗设备—系统 总体的一个组成单元	12
第二章 技术与战术	15
一、战术方面的考虑	15
二、噪声干扰	18
三、欺骗式干扰机	19
四、其它雷达干扰器材	21
五、电子对抗环境中空战的 典型分析	23
六、战术范例	28
第三章 噪声、概率和信息恢复	33
一、噪声与信息传输 系统的关系	33
二、噪声理论的初步介绍	33
三、概率论和统计学初步	38
四、从噪声背景中恢复 信号的信息	41
五、检测与相关	47
六、在电子对抗环境(ECM)中的 信号检测	51
第四章 电子侦察	62
一、电子侦察的目的	62
二、电子情报	63
三、检测概率—侦收概率	67
四、搜索方式	69
五、飞越目标的概率	71
六、飞越目标的分辨能力	74
七、“水平扫描”的分辨能力	78
八、侦收的相关性	85
九、“敏感元件”的一般特性	87
十、接收机的样式	89
第五章 雷达研究	94
一、雷达对抗的方法	94
二、活动目标的显示	125
三、目标跟踪系统	127
四、雷达的一般概念	133
五、电子对抗对雷达的影响	140
六、雷达对抗技术	145
第六章 天线在电子战中的作用	151
一、天线特性参数	151
二、传播问题	158
三、天线的应用	163
第七章 最佳化——约束和不完整信息	173
一、电子对抗装备特性 的最佳化	173
二、有效性函数的定义	18
三、飞机的有效负载在武器和电子 对抗设备之间的最佳分配	190
第八章 空间时代电子战的若干问题	197
一、空间环境的某些基本问题	200
二、空间任务——通信和侦察	209
三、空间工作对雷达和雷达 对抗的某些影响	222
参考文献	226

序

第二次世界大战期間，軍用电子学开始有了迅速发展。在今天和不久将来，大型武器系統都将与电子技术密切相关。

在詳細闡述各种专用系統时，往往体现不出这些电子武器系統在电子战整个概念中的重要意义。因此，有必要对有关电子战原理作一概要的介紹。重要的是，这些原理包括工程技术和軍事战术两个方面。电子战中的術語“輻射”和“檢測”可当作战略和战术中的“进攻”和“防御”来理解。当然，对有关工程技术問題要作充分的分析处理，但如要明确了解电子战原理，尚須对作战問題有所認識。因此，本书在內容安排上，两者比重，力求相当，使軍事学术研究人員和专业工程技术人員皆能从中得益。

由于保密上的要求，大大地限制了論題的选材和研討范围，有关电子对抗中的某些問題只能略而不談了。

本书并不介紹专用设备。避而不談的原因有两个：第一，討論作战用設備不是本书目的；第二，作此处理也不是描述問題的基本方法。而給予一个充分概括的数学分析才是本书的真正旨意。

本书第一章試述論題的范围，指出电子战的現狀。第二章概述电子战的技术与战术問題，对几种典型的电子对抗方法作一般性的討論。第三章对与概率問題有关的数学作一初步介紹，据此来討論在本书的許多部分都涉及到的噪声理論。第四章研討电子情报理論与偵察系統的一些基本問題，从而确定偵察与电子对抗策略間的关系。第五章分析几种基本雷达系統，着重討論与电子对抗与电子反对抗技术有关的一些重要参数。第六章介紹天綫——作为电子系統及其輻射空間的轉換器的作用，并进而指出同电子战有关的因素。第七章提出实用分析方法，以解决在任务受到特定制約时建立有效电子对抗环境的問題。第八章探討空間时代的电子对抗，对受宇宙飞行影响的电子战的某些分枝作了討論。

R. J. 希勒辛格

第一章 电子战问题的范围

一、电子战问题若干原理

本书所述旨在探讨电子战的若干现有理论和原理，并阐明与此相关的一些现存问题。

首先对电子战下个在讨论中能为大家所接受的定义。在本书中，将两个或两个以上作为干扰用的通信系统间的相互作用，定义为电子战。这里所指的通信系统，应理解为发射或接收信息，或者既能发射又能接收信息的各种电子设备。

一方何时、何地和怎样产生电子干扰，另一方又如何抵抗其有害影响，这都是电子战的重大问题。一般把前者叫做电子对抗，而把后者叫做电子反对抗。

电子对抗的最终目的，是使敌人的武器系统失灵，特别是使那些可能被用来破坏本方载有电子对抗设备的飞行器（如飞机）的武器系统失灵。

由于对雷达、通信和导弹制导系统进行干扰，有助于实现这一最终目的，所以电子对抗在以上这些方面已广泛应用。

由于武器系统愈来愈依赖于电磁辐射，把它当作各单元间的联络信道，自然就可以指望把这种信道所固有的弱点利用起来。对使用者来说，不妙的是在这些武器系统的弱点中，恰好有一个弱点，即在使用它们时射频能量的辐射大部分易受探测和干扰。当然，在某些应用场合，特别在通信上做了很大的努力，以求得一定程度的安全。可是，这里所述的各种武器系统都要求能发出可用信息，因而其安全性就和偵收信号用探测器有关了。当敌方接收机恰好适于接收具有这种传输特性的信号时，安全性即

使有可能，但也是很难保证的。

这里之所以要研究安全性这个问题，是因为它对合理使用电子对抗方法颇为重要。倘若侦收不到敌人的信号，就难以正确地施放干扰。而侦收到信号以后，还得确定信号的信息内容以便确定是否需要干扰。在那些防止以上两个步骤实施的典型技术中，包括高速传输信息和产生能对抗敌方检测的伪噪声的方法，以及防止信息被分析的编码调制法。另外，也可采用其它一些技术，这将在本文后几节予以讨论。

已经说过，应用电子对抗的两个主要条件是：1) 需要探测到敌人武器系统的辐射；2) 必须确定对所侦收到的信号进行干扰是否适当。干扰敌人自本土发出的每一个信号，并不总是最有利于任务的完成的。例如，假若一架被派去敌方执行空袭任务的轰炸机，只发现了辐射信号，而不进行分析，则电子对抗发射机就可能去干扰当地的超高频电视台。这样不但无益，而且会妨碍空袭。因为干扰发射机一经开动，就等于公开宣告空袭的飞机已飞临上空。由于这些发射机的“信标”●作用，得到报警的地区远大于单靠警戒雷达所作用的范围。

在上面的讨论中，已确定了两个重要的步骤。这两个步骤对于估价敌方信号存在时的电子“辐射环境”来说是必不可少的。这一估价只与机载监视设备型式有关，所以基本上也是起到一个侦察作用。一般而言，假若飞行的主要目的在于侦察，那就不必载有干扰机●。可把侦收截取得来的信号，存储在磁带或底片上，以留待后用（侦察情报的应用，参见第四章）。但若空袭的任务是为了袭击某一特定的目标，就需要利用积极电子对抗技术来迷惑和干扰敌人的防空系统。

当所接收到的信息足以决定确实需要进行干扰时，就产生了第二类问题。这些问题与考虑电子对抗战术的实际问题有关系。

● 参见第11页“信标效应”。

● 在某些特殊情况下，侦察飞行也携带干扰发射机。参见第四章67页。

例如，在這些問題中，有一些必須給予回答的是：應當採用何種類型的干擾？干擾時間多長？有多少飛機去使用它？究竟在何時開動干擾機？如要回答這些問題，就得弄清楚空襲飛機的隊形對作戰所施加的限制，飛機的任務和機載電子對抗設備的特性。

由此可見，由於存在着這許多不定因素，要想得到一個解決電子對抗戰術問題的通用辦法是極為困難的。然而如果考慮某一特定的空襲任務，且從先前所獲的偵察數據中取得了有關敵方“輻射環境”的某些詳細情況時，就可確定出最佳的電子對抗戰術。可惜，這種理想的詳細情報很難得到。

需要深入敵區的战略空軍司令部的航空兵，很希望有一個通用的戰術，能在不熟悉敵方電子“輻射環境”的場合下使用。對從事擬定電子戰爭战略的工作人員來說，這是一個頗受關注的基本問題。在進一步討論這個問題之前，先來談談另外一個複雜情況，並舉例加以說明。

二、技術優勢與秘密武器

經過多次研究表明，“技術優勢”是一個決定性的因素。倘若战略空軍司令部的轟炸機遇上了使用工作頻率為 40 千兆赫的跟蹤和導彈制導雷達的防空系統，而機載電子對抗設備的最高頻率僅為 30 千兆赫時，其後果則會不堪設想！一般說來，由於監視接收機不能搜索到高於本機配備的干擾發射機的頻率，轟炸機為敵方防空系統發現時，對其襲擊的第一個表示將是敵方地對空或空對空導彈的爆炸。在這種情況下，即使盲目地運用電子對抗發射機，企圖降低敵人防空系統的效率，但這種干擾是無濟於事的。战略空軍司令部的轟炸機雖然尚無用來對付本例中所遇到的威脅的技術裝備，但如能在適當時機正確利用金屬箔干擾片，也許會有所幫助。關於在某些情況下同時使用金屬箔干擾片和積極（有源）電子對抗方法，也是經常可以看到的。如果深入敵後進行空襲，轟炸機的飛行時數就得長達好幾小時，而要使飛機帶上足夠

供連續施放干扰用的金屬反射体，这是不可能的。因此，仍然需要有一些作战情报来确定何时施放金屬箔干扰片最为适当。

也許，在第二次世界大战期間所进行的潜艇搜索，就是一个最有趣的技术优势事例●。

1942年初，英国皇家空軍海防总队使用 L-波段雷达，协助探测在水面上进行电池充电的德国潜艇。在德国潜艇开始使用 L-波段搜索接收机前，皇家空軍总是卓有成效地完成了这项任务。因为，这些接收机使潜艇能在大于雷达回波有效返回的距离上收听到发射的雷达信号。这样，潜艇就能在未被搜索飞机发现前就潜入水中。換句話說，这种接收机的出現使得皇家空軍在反潜艇方面經過努力而获得的一般效果有所降低。盟軍認識到这种情况以后，就在 1943 年初，在飞机上裝置了 S-波段的搜索雷达。由于新設设备的效能良好，截击率显著上升。停在海面上装有偵听 L-波段信号的搜索接收机的德国潜艇就成为易受 S-波段雷达引导的飞机攻击的目标了。

鉴于德国潜艇在不断被击沉，德国人就拼命想知道盟軍所用的探测方法。根据幸免遇难的潜艇在其报告中談到，当时他們 L-波段搜索接收机在遭到轰炸以前并未收听到輻射信号，有人认为，也許盟軍使用的是某种紅外探测器。因此当时曾作过不少努力，试图对付并不存在的紅外威胁。在德国高級指揮部知道敌人系在使用一种新的更高頻段的雷达（S-波段）以前，潜艇活动就大为减少了。

武器是 L-波段雷达，对抗設備是 L-波段搜索接收机，前者又改进成 S-波段雷达，这一有趣的例子，清楚說明了技术优势的作用。

还有一点值得研究的是：利用 S-波段雷达（采用磁控管，并把有效頻率扩展 10 倍），确实能取得一定的好处，这是无可非議

● 莫尔斯(Morse)和京博耳(Kimball)著“作战研究的方法”，1951。

的。但若德国人当时能得知对方所用何物，便会大大提前研制出有效的 S-波段搜索接收机。盟军之所以能从中获利，这是因为德国人的情报不灵所致。显然，敌人的情报不灵就是对所谓“秘密武器”的基本要求。

这里之所以谈到这一点，是因为这个例子说明了电子侦察的重要作用。

假若德国人当时执行一个大规模的侦察计划，就有可能在其侦察飞机飞越英国时侦听到研制和试验磁控管振荡器过程中所发出的 S-波段信号。当然，磁控管的发展是研制大功率 10 厘米波段雷达的关键。但若德国人注意到晶体接收机在侦察方面的应用，那么简单的晶体接收机同样可以完成侦察任务的。自然，就侦听大功率源的信号而言，灵敏度不需要很高。所以，对侦察系统的特殊要求包括：一般能足以侦听预计不到的信号并给高级电子对抗计划提供情报来源。关于电子对抗、反电子对抗和电子侦察间的其它关系，参见本书第四章。

三、电子对抗战术应用过程的研究

在讨论这些例子以前曾指出过，要制定一个适用于各种空袭的通用电子对抗战术是困难的。假若完整和精确地掌握了敌人防卫某一空间或目标的侦察情报（即已经知道所有防空系统的准确型式和位置），则所要采用的电子对抗战术，在空袭机深入敌区以前即可预先制定。遗憾的是，情报并不总是那样完整。虽然，事先不能定出一个通用的战术，但仍可得出一个在空袭过程中确定最佳战术的通用原则，图 1-1 所示，便是解决这一问题的几个步骤。

一般说来，从侦察或其它形式的情报分析所得到的情报是现成的。执行任务时应使用何种机载电子对抗设备，便有赖于这种情报。电子对抗设备的重量大了，炸弹载重量就要减少（相当于地面部队的火力）。所以在选用电子对抗设备时要慎重考虑。很明

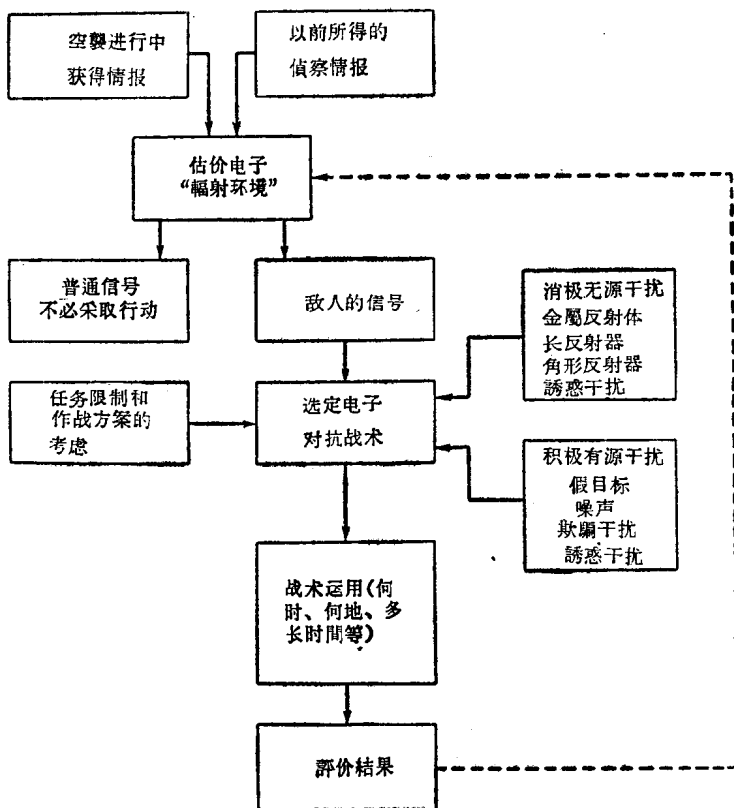


图1-1 电子对抗战术应用过程示意图。

显，一旦开始执行任务，若所带的干扰设备不当或者不足，要改变这种状况，那是毫无办法的。当空袭飞机深入敌方领土时，就要连续识别敌方电子“辐射环境”。能够控制干扰发射机，以及各种类型的金属箔干扰片撒放系统的搜索接收机不间断地鉴定所值收到的信号。其结果可用各种形式显示给另一个乘员，或者是预编程序，使飞机防卫辅助系统自动工作。若选用后者工作，一般可不用手工操作。经辨别，若认为是普通的信号，那就不需要采取行动；若认为是敌人的信号，那就要采取一些防卫行动了。

决定采用何种防卫战术，是一项复杂的任务。这是因为在此基础上要判定事先选用的设备是否适当。根据执行空袭任务前所掌握的情报，如何最佳地选定设备，可参看第七章的分析讨论。最好的电子对抗战术的选用，显然要受到现有设备的限制。执行任务的限制，也影响到问题的确定。就飞机而论，飞机的数目和高度（高空或低空入侵）与这个问题也有关系。根据这些条件，在确知有敌人电子“辐射环境”存在时选定电子对抗战术。有关这种选择的某些详细情况留待后述。所采用的战术一经选定（阻塞干扰、瞄准干扰、金属反射体等）●，就要求决定何时开始使用，需要多长时间。总之，必须定出已选用战术的作战方案。一般说来，在载有搜索接收机的飞机收到警戒雷达发出的信号之前，雷达接收机还收不到探测飞机所需的足够强的回波。这样，在判定正在接近敌人的防空设备和决定何时采用防卫行动的前后间还有几分钟的时间。假若干扰发射机开动的太早，由于其辐射功率颇大于雷达回波，雷达操作员在显示装置上接收到返回的尖头信号以前就能探测到干扰信号。过早地采取行动，实际上就会扩大监视雷达的作用范围，使之成为“信标”。显然，这一情况对于深入敌区的飞机是不利的，它减少了得以逃脱搜索的时间。因此究竟何时开始（或停止）干扰，在作战方案中是一个必须予以考虑的重要问题。

最后要研究的一个问题，是对电子对抗效果的估价。大致说来，飞机未被击中便是一个决定性的因素。然而，当用截击机和地空导弹来对付空袭的飞机时，对该电子对抗系统的效果便可作出更细的估价。估价效果的方法之一，便是如众所周知的“时间选择法”。使用这种方法时，干扰发射机要关闭几个毫秒，让搜索接收机来测定敌方使用的截击雷达或导弹雷达的工作情况。假若在这个关机时间内进行的测试表明，如干扰是有效的，那就继续

● 关于这种技术详见第二章。

进行；不然，操纵者尚可选用另一类型的干扰。这种工作系自动完成的；由于关机时间很短，雷达在这个期间是跟踪不到目标的。其结果显示给操作员，必要时可以用人工来改变干扰。图 1-1 所示的过程就是这样来完成的。图中示出在使用电子对抗时主要的工作程序。上述讨论有助于理解电子对抗应用中的逻辑过程。概括说来，这里规定了四个基本步骤：

1. 对敌方电子“辐射环境”的估价；
2. 电子对抗战术的选定；
3. 战术运用；
4. 结果鉴定。

四、电子对抗设备-系统总体的一个组成单元

以上谈到当假定需要施放干扰时电子对抗问题的技术和战术诸方面。可是，人们有理由提出：“到底用什么标准来确定要不要进行电子对抗呢？”

诚然，干扰本身并不是使用的目的。事实上，在战时，完全不载别的東西而只带干扰设备的机群，飞向敌人领土内，是很不可能的。而只带炸弹，不带电子对抗设备，也同样是愚蠢的。由

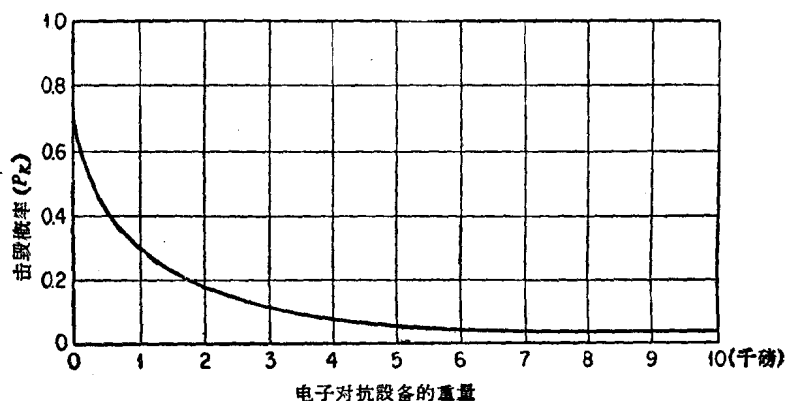


图1-2 P_k 随电子对抗设备有效重量增加而相应降低。

于一架飞机所能携带的炸弹载重量对于所給定的航程來說是一定的，所以在确定电子对抗设备重量与炸弹载重量之比时，对某些概念应加以明确。

本章在前面已經談到，电子对抗的最終目的是干扰敌方的防空系統，使其不能正常工作。假若干扰成功，則飞机就能完成轰炸任务；反之，飞机就会被击毀。防空武器系統的效率視其对轰炸机的摧毁概率 (P_k) 而定。如能适当使用电子对抗来对付敌方防空系統，就能降低 P_k 。如前所述，所载的电子对抗設備愈多（重量亦相应增加），干扰也就可能愈有效。图 1-2 上的曲線表明，假想的防空武器的 P_k 作为机載电子对抗設備重量的函数而降低。实际上，对于既定系統（如奈克-赫尔克里斯）來說，这种曲線可作为干扰的种类和电平の函数来计算。干扰愈强，不被击中的概率 (P_s) 就增大， $P_s = 1 - P_k$ 。

图 1-3 上的曲線表明了一个轰炸机所能达到的摧毁率 (D) 与所带炸弹重量的典型关系。令品质因素：

$$Q = (1 - P_k) D \quad (1-1)$$

則可得綜合(电子对抗設備重量+炸弹重量)效率。如任务既定，那么电子对抗設備重量与炸弹重量为正确比时的 Q 值为最大，如

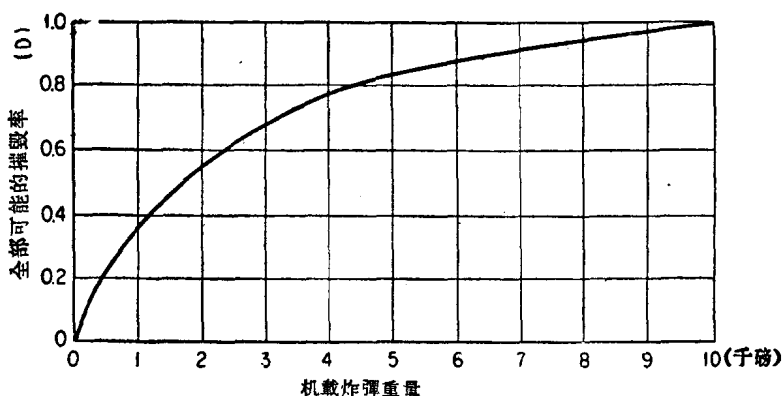


图1-3 炸弹可能的摧毁率与炸弹总重量的关系。