

导弹设计原理丛书

空载雷达

第一册

总体设计

[美] D. J. 波維季西耳 著
P. 沃 特 門

国防工业出版社

导弹設計原理丛书

空 載 雷 达

第一册

总 体 設 計

[美] D. J. 波維季西耳 著
P. 沃 特 門

鄭能敬 許耀昌 譯



國防工業出版社

1980

內 容 簡 介

本册詳細地論述了空載雷达的战术問題和設計观点。书中以海軍的航空母舰特种混合舰队的空中防禦系統作为例子,对空載雷达系統設計与整个武器系統設計間关系进行了总体論証。介紹了如何将空載雷达系統視作整个武器系統的一个組成部分,而根据武器系統的要求提出空載雷达的要求。

本书对从事雷达研究、設計和应用的工程技術人員,特别是对这方面的武器系統工程技術人員及大专院校师生有較大参考价值。

AIRBORNE RADAR

[美]D. J. Povejsil, R. S. Raven and P. Waterman
D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC. 1961

*

(导彈設計原理丛书)

空 載 雷 达

第 一 冊

总 体 設 計

鄭能敬 許耀昌 譯

*

國防工業出版社 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 $\frac{1}{32}$ 印張 4 $\frac{3}{8}$ 110 千字

1966 年 5 月第一版 1966 年 5 月第一次印刷 印数: 0,001—2,450册

統一书号: 15034·1108 定价: (科四) 0.55 元

目 录

出版者的話	3
-------------	---

第一章 空載雷达总体設計問題的基本原則

1-1 引言	7
1-2 雷达系統的分类	8
1-3 裝置的环境	9
1-4 雷达系統的功能特性	9
1-5 雷达信号的調制	22
1-6 工作的載頻	31
1-7 空載雷达的設置問題	32
1-8 空載雷达設計的总体考虑	35
1-9 系統的环境	40
1-10 武器系統模型	41
1-11 武器系統模型的基本統計特性	44
1-12 武器系統模型的制造与運轉	45
1-13 總結	49

第二章 武器系統要求的提出

2-1 本問題的導論	50
2-2 制定系統研究方案	51
2-3 航空母艦特混部队的防空系統	53
2-4 目标組合	60
2-5 作战要求：完成任务指标	61
2-6 系統設想	61
2-7 系統研究方案	63
2-8 模型参数	64
2-9 系統有效性模型	64
2-10 空載預警系統的初步設計	70

2-11	AEW 系統邏輯与不变单元	73
2-12	AEW 发现距离要求	76
2-13	AEW 目标分辨力要求	78
2-14	AEW 系統、CIC 系統、歼击机系統的相互关系及战术問題.....	82
2-15	假設 AEW 系統的精度	83
2-16	假設 AEW 系統的信息处理容量	88
2-17	速度与航向估計	89
2-18	由战术問題决定的 AEW 雷达波束寬度	92
2-19	影响测高雷达要求的因素	95
2-20	AEW 系統要求的总结	99
2-21	暫定設計参数在战术問題上的評價	101
2-22	歼击机系統研究模型	103
2-23	可靠工作的概率	107
2-24	看到目标的概率——引导概率	108
2-25	关于歼击机系統动作引导阶段的分析	109
2-26	由引导考虑来决定的 AI 雷达要求	114
2-27	轉換問題的分析	119
2-28	由轉換問題决定的鎖定距离与观察角要求	132
2-29	導彈制导考虑对 AI 雷达的要求	137
2-30	AI 要求总结	138
2-31	总结	139

导弹設計原理丛书

空 載 雷 达

第一册

总 体 設 計

[美] D. J. 波維季西耳 著
P. 沃 特 門

鄭能敬 許耀昌 譯



國防工業出版社

1966

內 容 簡 介

本册詳細地論述了空載雷达的战术問題和設計观点。书中以海軍的航空母舰特种混合舰队的空中防禦系統作为例子,对空載雷达系統設計与整个武器系統設計間关系进行了总体論証。介紹了如何将空載雷达系統視作整个武器系統的一个組成部分,而根据武器系統的要求提出空載雷达的要求。

本书对从事雷达研究、設計和应用的工程技術人員,特别是对这方面的武器系統工程技術人員及大专院校师生有較大参考价值。

AIRBORNE RADAR

[美]D. J. Povejsil, R. S. Raven and P. Waterman
D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC. 1961

*

(导彈設計原理丛书)

空 載 雷 达

第 一 冊

总 体 設 計

鄭能敬 許耀昌 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版業營業許可証出字第 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裝

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 4 $\frac{3}{8}$ 110 千字

1966 年 5 月第一版 1966 年 5 月第一次印刷 印数: 0,001—2,450册

統一书号: 15034·1108 定价: (科四) 0.55 元

出版者的話

“空載雷达”是美国出版的導彈設計原理叢書之一。本書對空載雷达基本技術及其與整個武器系統設計間的關係作了較全面的論述，着重敘述了空載雷达基本原理、系統分析方法和如何用數學模型去解決雷达設計問題。對雷达技術性能與其部件之間的相互關係，對雷达技術要求和如何定量地論述整個武器系統以及使用空載雷达的武器系統各種類型也作較詳細介紹。舉例說明了空載截擊雷达系統和空載地面監視系統的詳細技術規格和推導程序。對各類的雷达系統（如單脈沖系統，被動檢測系統等）及其與整個武器系統的關係作了分析，並討論了影響雷达發射機、接收機、跟蹤電路和顯示器的各種因素，還注意了雷达系統信息流的控制問題。本書除舉例說明設計細節如何影響完整武器系統的工作性能外，對雷达設計的細節均未作介紹。雖然本書的論述是針對空載雷达，但對地面雷达也是有用的。本書對從事雷达設計、科研、生產的工程技術人員，特別是該領域的武器系統工程技術人員有一定參考價值，我們將它譯成中文，以供讀者學習參考之用。但根據本書的內容和特點我們僅僅翻譯了參考價值較大的前九章，並分三冊出版：

第一冊 總體設計（包括原書第一、二章）；

第二冊 基本原理和類型（包括原書第三、四、五、六章）；

第三冊 重要電路（包括原書第七、八、九章）。

本書是美國出版的。書中許多觀點和說法是不正確的，字里行間會反映出大量為美帝侵略政策張目，鼓吹戰爭的反動觀點，在處理問題的方法上存在着形而上學和唯武器論的觀點。我們在出版本書時，保留了原文的面貌，未作原則性的刪改。因此，希望讀者在閱讀和參考本書時，要以批判的眼光對待，只接受其中合理和適用的東西。

目 录

出版者的話	3
-------------	---

第一章 空載雷达总体設計問題的基本原則

1-1 引言	7
1-2 雷达系統的分类	8
1-3 裝置的环境	9
1-4 雷达系統的功能特性	9
1-5 雷达信号的調制	22
1-6 工作的載頻	31
1-7 空載雷达的設置問題	32
1-8 空載雷达設計的总体考虑	35
1-9 系統的环境	40
1-10 武器系統模型	41
1-11 武器系統模型的基本統計特性	44
1-12 武器系統模型的制造与運轉	45
1-13 總結	49

第二章 武器系統要求的提出

2-1 本問題的導論	50
2-2 制定系統研究方案	51
2-3 航空母艦特混部队的防空系統	53
2-4 目标組合	60
2-5 作战要求：完成任务指标	61
2-6 系統設想	61
2-7 系統研究方案	63
2-8 模型参数	64
2-9 系統有效性模型	64
2-10 空載預警系統的初步設計	70

2-11	AEW 系統邏輯与不变单元	73
2-12	AEW 发现距离要求	76
2-13	AEW 目标分辨力要求	78
2-14	AEW 系統、CIC 系統、歼击机系統的相互关系及战术問題.....	82
2-15	假設 AEW 系統的精度	83
2-16	假設 AEW 系統的信息处理容量	88
2-17	速度与航向估計	89
2-18	由战术問題决定的 AEW 雷达波束寬度	92
2-19	影响测高雷达要求的因素	95
2-20	AEW 系統要求的总结	99
2-21	暫定設計参数在战术問題上的评价	101
2-22	歼击机系統研究模型	103
2-23	可靠工作的概率	107
2-24	看到目标的概率——引导概率	108
2-25	关于歼击机系統动作引导阶段的分析	109
2-26	由引导考虑来决定的 AI 雷达要求	114
2-27	轉換問題的分析	119
2-28	由轉換問題决定的鎖定距离与观察角要求	132
2-29	導彈制导考虑对 AI 雷达的要求	137
2-30	AI 要求总结.....	138
2-31	总结	139

第一章 空載雷达总体設計問題的基本原則

1-1 引 言

本书介紹并用实例說明拟訂和实现整个空載雷达系統設計所必需的基本知識及分段方法。設計問題基本上可以分为三个部分：（1）根据整个武器系統的作战要求，提出对雷达系統的性能要求；（2）在自然規律和当前技术水平所容許的範圍內，提出和应用某些能滿足性能要求的雷达技术；（3）評價所提出的雷达系統能否滿足整个武器系統的要求。

在設計問題的每个部分中，使用了系統概念；也就是說，将空載雷达系統作为整个武器系統的一个組成部分，而不是一个独立单元来考虑。

我們利用具体事物的研究方法來建立系統概念。首先拟制一个假設的武器系統模型，然后根据作战要求对这个模型进行分析，以导出对空載雷达系統設計具有重要意义的各种系統环境所特有的特性。此外，那些对整个系統的功能有很大影响的領域也将提到。

根据所导出的特性，就可知道怎样來選擇和設計空載雷达系統，以滿足整个系統的要求并与系統环境相适应。

我們將以海軍的航空母舰特种混合舰队的空中防禦系統作为例子来进行研究。在这种武器系統中，包括二类空載雷达系統：

1. 作为快速航空母舰特种混合舰队空中防禦系統报警用的空載早期預警系統（简称 AEW 系統）；

2. 利用 AEW 系統所产生的原始数据的截击机防禦系統。

这些例子的分析，可以提供一种衡量各个系統单元的基本方

法——这种方法对任何一种空载雷达系统的設計不仅适用，而且应该采纳。

雷达設計者必須理解这样一个极为重要的概念：雷达通常虽小，但它是动态系统（也就是基本特性和参数經常随着時間而变化的系统）中不可缺少的重要部分。由于雷达是整个系统的“眼睛”，因此雷达的动态性能必然和整个系统所要求的动态性能有关，而且在很大程度上是由整个系统所要求的动态性能所决定的。由于这个原因，雷达設計者除了应当很好地掌握雷达系统分析和設計細节的专门知識外，还应具备理解和分析整个武器系统的能力。

1-2 雷达系统的分类

为了提供一些討論空载雷达設計在总体方面的基础知識，我們将对雷达系统的基本特性和用途加以說明。通常在雷达系统术语汇集中的許多专门名詞也将加以确定。在雷达研究工作中所应用的一些較简单的数学表示式也将提出。

雷达这个名字的原意是无綫电探测和测距——Radio Detection and Ranging。它是从早期雷达系统所执行的任务中引导出来的。該字原意是指发射并接收无綫电信号的系统，現已被扩大到使用微波技术的各种系统中，包括接收由系统本身产生能量的系统（主动系统），接收由目标所产生的能量的系统（被动系统），接收和接收机或目标分开的发射机所产生的能量的系统（半主动系统），以及为了各种目的輻射电磁能的系统（发射或照射系统）。很多复杂的武器系统都是由这些基本型式組合而成。例如，在电子对抗系统中，可用被动雷达系统来探测敌方的电磁輻射，并利用这种情报去控制一个干扰系统的动作，以便和敌方的輻射进行战斗。

現今使用的各种雷达系统，需要用一些合理的分类方法来分类。一种已經得到普遍公认的分类方法是将雷达系统按下面四个特征来分类：

1. 裝置的環境;
2. 系統的功用;
3. 加在發射和接收的輻射波上調制信息的類型,以及從接收信號中提取信息的解調過程的類型;
4. 工作的載頻。

根據這四個特征,通常可以對雷達作一般的定性描述。例如,某雷達是:(1)空載的;(2)能截擊、搜索和跟蹤的;(3)圓錐掃描的脈沖雷達;(4)工作在X波段。

1-3 裝置的環境

雷達系統裝置的最普遍型式是:

1. 地面的;
2. 船上的;
3. 空載的 (有人駕駛飛機);
4. 空載的 (導彈)。

通常是按裝置的環境來將他們分類的。這種劃分便於正確處理在特定環境下與雷達系統的研製及設計有關的複雜問題,但是不能經常使各方面的經驗進行交流,而這種經驗交流對於任一方面的進展都是有利的。

1-4 雷達系統的功能特性

雷達系統可以完成以下這些基本任務:

1. 搜索和探測;
2. 識別;
3. 跟蹤;
4. 測繪;
5. 導航;
6. 通訊;
7. 輻射探測 (偵察);

8. 照射;
9. 信息的轉播;
10. 人为干扰;
11. 科学研究 (如无线电天文学)。

一个特定的雷达系統，一般只能完成上列各项任务中的某一项，至多也不会超过二、三项。然而多种工作方式更是空载雷达系統的特征。在空载雷达上，空間、尺寸及重量的限制决定了从每磅雷达装备中所能得到的最大工作能力和适应多种工作方式的性能。

雷达系統装备的性能指标是系統研究的主要成果，系統研究通常应放在装备設計之前，它必須对所要执行的各项任务提出定量的性能指标。

在需要多种工作方式的場合，系統研究必須对主要的及次要的工作方式提出明确的指标。因为这可以作为解决多种工作方式带来的設計要求上相互矛盾的基础。

雷达系統所能完成的特定作用，将在下面作較詳細的說明。

搜索及探测 雷达系統的重要功能之一是在給定的空間範圍內探测有沒有战术意义的目标存在。执行这种任务的雷达系統最常用的一种探测方法如图 1-1。在这个例子中，高频能量是由雷达系統产生的（即主动系統）。高频电磁能由天綫聚集成方向性很强的波束，并向空間傳播。倘若在雷达波束內有合适特性的物体存在，則射到这个物体上的电磁能量将向各个方向散射，并且

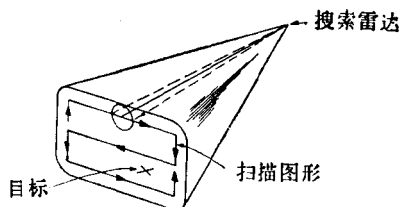


图1-1 雷达的搜索及探测

有一部分散射能量可以返回到原来发射的地方，被接收机所接收。

为了扩大雷达系統的作用空間，通常使电磁波束改变傳播方

向，并在給定的空間範圍作周期性的扫描，如图 1-1 所示。

識別 如果要求雷达系統在敌我双方飞机或目标都有可能存在的区域内工作，就需要雷达系統在此区域内搜索，并識別任一目标是我方还是敌方（简称 IFF）。在执行搜索和識別任务时，雷达系統应当回答一个特殊問題：在給定的空域内是否有战术意义的目标存在？雷达——或任何探测装置——的基本特点是：它对以上这个問題的回答可能是正确的，也可能是不正确的。实际上有下面四种可能情况：

1. 在搜索区域内有目标存在，并为雷达探测到。
2. 在搜索区域内有目标存在，但由于种种原因，它沒有为雷达探测到。
3. 在搜索区域内，实际上並沒有目标存在，在雷达上也沒有目标指示。
4. 在搜索区域内，並沒有目标存在，但雷达上却有目标的指示。

第一种和第三种情况表明雷达对問題的回答是正确的。第二种情况由于雷达沒有提供任何信息，因此雷达对提供适当的回答沒起作用。第四种情况由于雷达提供虛假的信息，因此雷达对問題的回答是錯誤的。

識別方式是随着雷达的型式及所提出的战术用途而变化的。在某些情況下，只要适当的選擇探测准則，及对可能出现的目标特性事先有所了解，就可使用邏輯的非机械的方法使探测和識別作用結合在一起进行。例如，在图 1-1 所示的搜索及探测系統中，假設在連續三次扫描周期中重复出現虛假目标是不可能的，那么倘若在这連續三次扫描周期中出現目标指示的話，我們就确认发现了目标。同时我們还可进一步假定，如果在預定的高度、速度及航綫内有目标逼近时，我們便可将所发现目标认作是敌方的。

識別作用有时可用專門設計的单独雷达系統来实现，以便完成識別問題中的某一部分。属于这种范疇的識別系統型式很多：

例如，在图 1-2 中假定我方机上装有用来探测搜索雷达信号的被动接收机。搜索雷达的信号用来触发编码信号发射机，使它发射一个编码信号再返回到搜索雷达。编码信号和搜索雷达的目标回波信号有一定的关系，这样就可辨认以及确定“我方的”飞机。

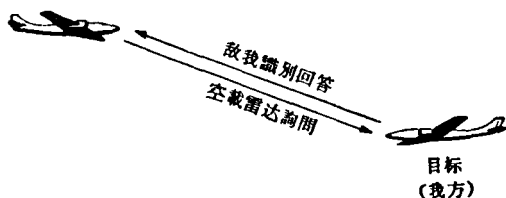


图1-2 敌我识别系统

以上对搜索、探测及识别作用的讨论指出了影响这些作用性能的一个十分重要的特点。这个特点就是，在一定场合下得出的结果所包含的不确定性。这种不确定性的因素，使我们需用统计的方法来分析一个雷达系统的探测及识别特性。

跟踪 可以设计一个能测量物体相对距离、距离变率及方向的雷达系统，当然被测量的物体应该将射到它上面的微波能量向各方散射。如果某一雷达对以上任何一个或所有的数据或多或少是在连续的进行测量（取决于它是否还在进行搜索），我们就说它在跟踪目标。跟踪作用可以提供以下这些信息：

1. 连续的显示或记录作为时间函数的目标的相对位置。
2. 计算目标的相对运动。
3. 预测目标的未来相对位置。

只要测出发射信号和收到经由目标散射并沿着发射方向返回的这部分发射能量之间所经历的时间，再将此时间乘以代表电波平均速度（ $c = 328$ 码/秒）的常数，就可得出目标的距离。所以，雷达信号在发射机和目标之间往返一次所需的时间为

$$t = \frac{2R}{c}, \quad (1-1)$$