

# 防禦雷達 系統工程導論

國防工業出版社

# 防御雷达系统工程导论

〔美〕 J.N. 康斯坦特 著

陈瑞源

主译

黄培

校



国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书系根据〔美〕J. N. 康斯坦特《Introduction to Defense Radar Systems Engineering》一书译出。主要从系统角度对防御系统用的雷达选定、设计及工程研制等总体规划问题进行了一定的论述。其特点是从目标特性分析出发对雷达的任务要求、雷达接收机、雷达系统的误差模型、雷达数据处理等问题逐一扼要地作了介绍。可供从事雷达工程的科技人员和大专院校师生参考。

### INTRODUCTION TO DEFENSE RADAR SYSTEMS ENGINEERING

〔美〕J. N. 康斯坦特 著

The Macmillan Press Ltd. 1972

\*

### 防御雷达系统工程导论

陈瑞源 王柳川 译

黄培康 校

\*

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

\*

850 × 1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 8 7/8 223 千字

1977年12月第一版 1977年12月第一次印刷 印数：0,001—5,300 册

统一书号：15034·1593 定价：1.10元

## 译者序

现代防御雷达（反导防御系统的雷达）的系统设计，除了传统的雷达电子学问题之外，还涉及火箭弹道学、弹道测量、预测技术、再入物理、计算技术和数据处理等广泛的技术问题，对这些问题有一个初步的了解，对于理解防御雷达系统的特点，并对其有效性作出正确的评价是十分必要的。本书正是这方面的一本入门性书籍。尽管书中的材料并非新颖，对于各专业领域来说也是很基本的，但由于作者从其相互联系上来揭示防御雷达系统设计所关心的问题，因而对从事雷达工程的工人和技术人员是会有所助益的。当然有关专业的读者也可把它作为了解雷达系统问题的初步材料。

反导系统是苏美两霸核讹诈政策的重要组成部分，尽管他们投入了巨大的人力物力，但技术上并未过关。

我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”和“批判地吸收外国文化”的教导，翻译了这本书，供同志们参考。书中所反映出来的原书作者的资产阶级设计观点和为美帝技术能力吹嘘之处，请读者批判地阅读。

原书有的地方表述不够确切，并有不少错误，凡已发现的错误都已作了更正，由于译者水平所限，译述不妥之处在所难免，请读者批评指正。



# 目 录

引言 .....	9
一、目标特性 .....	12
1. 目标后向散射 .....	12
1.1 雷达散射截面的定义 .....	12
1.2 简单形状物体的雷达散射截面 .....	13
2. 目标识别 .....	19
2.1 特征信号分析 .....	20
2.2 再入尾流 .....	22
参考资料 .....	27
二、雷达检测 .....	29
1. 一般雷达方程 .....	29
2. 检测概率和虚警概率 .....	32
3. 目标检测 .....	35
4. 跟踪工作方式 .....	36
5. 干扰环境 .....	36
6. 箔条环境 .....	38
6.1 箔条闪烁 .....	40
7. 信标和遥测工作方式 .....	41
8. 核环境 .....	41
参考资料 .....	44
三、雷达接收机 .....	45
1. 雷达基础 .....	47
1.1 波形分析 .....	49
1.2 线性系统响应 .....	52
2. 雷达响应 .....	54
3. 最佳接收机 .....	57
4. 雷达波形 .....	60

5. 分辨力	62
6. 精度	64
参考资料	68
<b>四、雷达系统的误差模型</b>	<b>69</b>
1. 系统要求	69
1.1 数据精度	69
1.2 目标特性	70
1.3 目标弹道和动力学	71
1.4 跟踪的几何关系	72
1.5 分系统配置	72
2. 误差分析	72
2.1 误差分量	73
2.2 总的目标误差	75
3. 误差模型	76
3.1 误差输入	76
3.2 参数误差曲线	79
4. 位置和速度数据的平滑	81
5. 噪声降低	82
5.1 一般滤波方程	83
5.2 中点滤波	83
5.3 曲线拟合误差	85
5.4 计算时间	85
参考资料	86
<b>五、弹道式导弹的飞行弹道</b>	<b>87</b>
1. 球形不旋转地球	88
1.1 运动方程	90
1.2 命中方程	91
1.3 关机速度和角度	92
1.4 最小能量弹道	93
1.5 飞行时间	93
2. 发射误差引起的脱靶	95
2.1 纵向误差	95
2.2 横向误差	97
3. 旋转地球	98
4. 扁率修正	98

5. 弹道式导弹的制导 .....	99
5.1 特殊制导要求 .....	102
参考资料 .....	103
六、再入弹道 .....	104
1. 运动方程 .....	104
2. 近似弹道 .....	105
3. 再入误差引起的脱靶 .....	113
参考资料 .....	114
七、弹道预测 .....	115
1. 地心运动方程 .....	115
2. 截断误差 .....	116
3. 收敛性和预测坐标系 .....	118
4. 站中心运动方程 .....	120
5. 一般滤波方程 .....	122
参考资料 .....	124
八、雷达数据处理 .....	125
1. 雷达数据 .....	125
1.1 字的格式 .....	126
1.2 对计算机的一般要求 .....	127
1.3 计算程序 .....	128
2. 计算机的组成和控制 .....	129
2.1 计算机字的构造 .....	130
2.2 指令周期和执行周期 .....	130
2.3 操作序列 .....	131
2.4 定时 .....	131
3. 信号处理 .....	133
4. 数据处理 .....	138
4.1 一般滤波方程 .....	138
4.2 滤波 .....	139
5. 计算机技术 .....	148
5.1 解联立方程 .....	148
5.2 算法 .....	150
6. 自适应阵列数据处理 .....	154
参考资料 .....	155

九、反射器天线 .....	156
1. 反射器的概念 .....	156
1.1 扫描技术 .....	156
1.2 波束形成 .....	156
1.3 天线馈源 .....	157
1.4 反射器型式 .....	157
2. 反射器特性 .....	157
2.1 形状 .....	159
2.2 扫描 .....	160
2.3 孔径照射 .....	160
2.4 功率容量 .....	161
3. 反射器设计 .....	161
3.1 理想的反射器 .....	161
3.2 实际的反射器 .....	166
参考资料 .....	173
十、阵列天线 .....	174
1. 电扫描基本概念 .....	174
1.1 扫描技术 .....	175
1.2 波束形成 .....	177
1.3 天线馈电系统 .....	178
1.4 多波束阵列 .....	178
1.5 有源单元 .....	180
2. 阵列特性 .....	181
2.1 形状 .....	184
2.2 扫描 .....	185
2.3 孔径照射 .....	188
2.4 功率容量 .....	189
2.5 复杂性和成本 .....	190
3. 阵列设计 .....	192
3.1 理想的阵列 .....	193
3.2 实际的阵列 .....	200
4. 雷达设计问题 .....	210
4.1 雷达性能因素 .....	210
4.2 阵列雷达优缺点综述 .....	215
4.3 结论 .....	215
5. 自适应天线 .....	216



5.1 空间和频率滤波 .....	217
5.2 自适应阵列 .....	218
5.3 自适应信号处理机 .....	220
5.4 自适应空间滤波 .....	221
参考资料 .....	225
十一、雷达系统设计 .....	227
1. 雷达参数确定 .....	227
1.1 反射器天线 .....	228
1.2 环形天线 .....	230
1.3 龙伯透镜天线 .....	231
1.4 阵列天线 .....	233
2. 设计程序 .....	235
2.1 任务要求和雷达功能 .....	235
2.2 设计参数选择 .....	237
2.3 系统功能设计 .....	238
2.4 性能分析 .....	241
3. 拦截 .....	248
3.1 抛物线弹道 .....	248
3.2 导航三角形 .....	249
3.3 制导 .....	253
参考资料 .....	256
附录 .....	258
A1 RF电磁波的吸收衰减 .....	258
A2 RF电磁波的降雨衰减 .....	260
A3 电离层对RF电磁波的折射 .....	261
参考资料 .....	283

# 防御雷达系统工程导论

〔美〕 J.N. 康斯坦特 著

陈瑞源 王柳川 译

黄培康 校

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书系根据〔美〕J. N. 康斯坦特《Introduction to Defense Radar Systems Engineering》一书译出。主要从系统角度对防御系统用的雷达选定、设计及工程研制等总体规划问题进行了一定的论述。其特点是从目标特性分析出发对雷达的任务要求、雷达接收机、雷达系统的误差模型、雷达数据处理等问题逐一扼要地作了介绍。可供从事雷达工程的科技人员和大专院校师生参考。

### INTRODUCTION TO DEFENSE RADAR SYSTEMS ENGINEERING

〔美〕J. N. 康斯坦特 著

The Macmillan Press Ltd. 1972

\*

### 防御雷达系统工程导论

陈瑞源 王柳川 译

黄培康 校

\*

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

\*

850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 8<sup>7</sup>/<sub>8</sub> 223 千字

1977年12月第一版 1977年12月第一次印刷 印数：0,001—5,300 册

统一书号：15034·1593 定价：1.10元

## 译者序

现代防御雷达（反导防御系统的雷达）的系统设计，除了传统的雷达电子学问题之外，还涉及火箭弹道学、弹道测量、预测技术、再入物理、计算技术和数据处理等广泛的技术问题，对这些问题有一个初步的了解，对于理解防御雷达系统的特点，并对其有效性作出正确的评价是十分必要的。本书正是这方面的一本入门性书籍。尽管书中的材料并非新颖，对于各专业领域来说也是很基本的，但由于作者从其相互联系上来揭示防御雷达系统设计所关心的问题，因而对从事雷达工程的工人和技术人员是会有所助益的。当然有关专业的读者也可把它作为了解雷达系统问题的初步材料。

反导系统是苏美两霸核讹诈政策的重要组成部分，尽管他们投入了巨大的人力物力，但技术上并未过关。

我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”和“批判地吸收外国文化”的教导，翻译了这本书，供同志们参考。书中所反映出来的原书作者的资产阶级设计观点和为美帝技术能力吹嘘之处，请读者批判地阅读。

原书有的地方表述不够确切，并有不少错误，凡已发现的错误都已作了更正，由于译者水平所限，译述不妥之处在所难免，请读者批评指正。

# 目 录

引言 .....	9
一、目标特性 .....	12
1. 目标后向散射 .....	12
1.1 雷达散射截面的定义 .....	12
1.2 简单形状物体的雷达散射截面 .....	13
2. 目标识别 .....	19
2.1 特征信号分析 .....	20
2.2 再入尾流 .....	22
参考资料 .....	27
二、雷达检测 .....	29
1. 一般雷达方程 .....	29
2. 检测概率和虚警概率 .....	32
3. 目标检测 .....	35
4. 跟踪工作方式 .....	36
5. 干扰环境 .....	36
6. 箔条环境 .....	38
6.1 箔条闪烁 .....	40
7. 信标和遥测工作方式 .....	41
8. 核环境 .....	41
参考资料 .....	44
三、雷达接收机 .....	45
1. 雷达基础 .....	47
1.1 波形分析 .....	49
1.2 线性系统响应 .....	52
2. 雷达响应 .....	54
3. 最佳接收机 .....	57
4. 雷达波形 .....	60



5. 分辨力	62
6. 精度	64
参考资料	68
<b>四、雷达系统的误差模型</b>	<b>69</b>
1. 系统要求	69
1.1 数据精度	69
1.2 目标特性	70
1.3 目标弹道和动力学	71
1.4 跟踪的几何关系	72
1.5 分系统配置	72
2. 误差分析	72
2.1 误差分量	73
2.2 总的目标误差	75
3. 误差模型	76
3.1 误差输入	76
3.2 参数误差曲线	79
4. 位置和速度数据的平滑	81
5. 噪声降低	82
5.1 一般滤波方程	83
5.2 中点滤波	83
5.3 曲线拟合误差	85
5.4 计算时间	85
参考资料	86
<b>五、弹道式导弹的飞行弹道</b>	<b>87</b>
1. 球形不旋转地球	88
1.1 运动方程	90
1.2 命中方程	91
1.3 关机速度和角度	92
1.4 最小能量弹道	93
1.5 飞行时间	93
2. 发射误差引起的脱靶	95
2.1 纵向误差	95
2.2 横向误差	97
3. 旋转地球	98
4. 扁率修正	98

5. 弹道式导弹的制导 .....	99
5.1 特殊制导要求 .....	102
参考资料 .....	103
六、再入弹道 .....	104
1. 运动方程 .....	104
2. 近似弹道 .....	105
3. 再入误差引起的脱靶 .....	113
参考资料 .....	114
七、弹道预测 .....	115
1. 地心运动方程 .....	115
2. 截断误差 .....	116
3. 收敛性和预测坐标系 .....	118
4. 站中心运动方程 .....	120
5. 一般滤波方程 .....	122
参考资料 .....	124
八、雷达数据处理 .....	125
1. 雷达数据 .....	125
1.1 字的格式 .....	126
1.2 对计算机的一般要求 .....	127
1.3 计算程序 .....	128
2. 计算机的组成和控制 .....	129
2.1 计算机字的构造 .....	130
2.2 指令周期和执行周期 .....	130
2.3 操作序列 .....	131
2.4 定时 .....	131
3. 信号处理 .....	133
4. 数据处理 .....	138
4.1 一般滤波方程 .....	138
4.2 滤波 .....	139
5. 计算机技术 .....	148
5.1 解联立方程 .....	148
5.2 算法 .....	150
6. 自适应阵列数据处理 .....	154
参考资料 .....	155

九、反射器天线 .....	156
1. 反射器的概念 .....	156
1.1 扫描技术 .....	156
1.2 波束形成 .....	156
1.3 天线馈源 .....	157
1.4 反射器型式 .....	157
2. 反射器特性 .....	157
2.1 形状 .....	159
2.2 扫描 .....	160
2.3 孔径照射 .....	160
2.4 功率容量 .....	161
3. 反射器设计 .....	161
3.1 理想的反射器 .....	161
3.2 实际的反射器 .....	166
参考资料 .....	173
十、阵列天线 .....	174
1. 电扫描基本概念 .....	174
1.1 扫描技术 .....	175
1.2 波束形成 .....	177
1.3 天线馈电系统 .....	178
1.4 多波束阵列 .....	178
1.5 有源单元 .....	180
2. 阵列特性 .....	181
2.1 形状 .....	184
2.2 扫描 .....	185
2.3 孔径照射 .....	188
2.4 功率容量 .....	189
2.5 复杂性和成本 .....	190
3. 阵列设计 .....	192
3.1 理想的阵列 .....	193
3.2 实际的阵列 .....	200
4. 雷达设计问题 .....	210
4.1 雷达性能因素 .....	210
4.2 阵列雷达优缺点综述 .....	215
4.3 结论 .....	215
5. 自适应天线 .....	216

5.1	空间和频率滤波 .....	217
5.2	自适应阵列 .....	218
5.3	自适应信号处理机 .....	220
5.4	自适应空间滤波 .....	221
	参考资料 .....	225
<b>十一、雷达系统设计 .....</b>		<b>227</b>
1.	雷达参数确定 .....	227
1.1	反射器天线 .....	228
1.2	环形天线 .....	230
1.3	龙伯透镜天线 .....	231
1.4	阵列天线 .....	233
2.	设计程序 .....	235
2.1	任务要求和雷达功能 .....	235
2.2	设计参数选择 .....	237
2.3	系统功能设计 .....	238
2.4	性能分析 .....	241
3.	拦截 .....	248
3.1	抛物线弹道 .....	248
3.2	导航三角形 .....	249
3.3	制导 .....	253
	参考资料 .....	256
<b>附录 .....</b>		<b>258</b>
A1	RF电磁波的吸收衰减 .....	258
A2	RF电磁波的降雨衰减 .....	260
A3	电离层对RF电磁波的折射 .....	261
	参考资料 .....	283