

黑龙江省精品图书出版工程

舰船隐身技术 (第二版)

朱英富 张国良 编著

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

舰船隐身技术

(第二版)

朱英富 张国良 编著

内 容 简 介

本书阐述了舰船物理场(电磁场、声场、红外场、磁场、电场、水压场、尾流场)的基本理论;物理场的特性和分析计算方法;物理场控制技术及测试方法等。全书既系统介绍了现代舰船的雷达隐身、声隐身、红外隐身、磁场隐身、电场隐身、水压场隐身、尾流场隐身,又突出了舰船雷达隐身、声隐身和红外隐身,使读者对现代舰船的隐身技术在全面了解的基础上又能掌握重点。本书以舰船为背景,注重理论及工程应用。

本书可作为船舶类相关专业硕士、博士研究生以及本科高年级学生参考书,也可供部队、院校、厂所等从事隐身技术工作有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

舰船隐身技术/朱英富,张国良编著. —2 版. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2015. 3

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0980 - 4

I. ①舰… II. ①朱… ②张… III. ①军用船—隐身
技术 IV. ①U674. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 035294 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码 150001

发行电话 0451 - 82519328

传 真 0451 - 82519699

经 销 新华书店

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 32. 5

字 数 850 千字

版 次 2003 年 9 月第 1 版 2015 年 4 月第 2 版

印 次 2015 年 4 月第 2 次印刷

定 价 160. 00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

再 版 序

自本书 2003 年 9 月出版以来的十年中,舰船隐身技术得到了较快的发展。在理论研究、仿真计算、试验检测、工程应用等领域也取得了卓有成效的业绩。但是由于舰船隐身技术的复杂性和艰巨性,仍有很多问题尚待探索与解决,十年来人们对舰船隐身的投入,也有许多方面值得研究与总结,鉴于上述进行本书修订再版是适时而又必要的。本书修订再版在保持章节基本不变情况下,力求内容丰富而又有新意。全书保留磁场隐身、水压场隐身、尾流场隐身章节又增加电场隐身章节,仍然突出雷达隐身、声隐身、红外隐身方面的内容。

主副编按照本书修订再版依据、修订再版原则、参加修订再版人员的分工和职责、初步安排、若干建议等编写舰船隐身技术修订再版说明,统一操作、统一实施。本书修订再版的原则:一是由于某些原因造成的疏漏和不足进行更正。二是慎定新增内容,对已应用确有效果的内容编入章节中,对发展趋向内容编入引言中。修订者通过收集 2000 年以后本章相关的国内外文献资料,通过分析后确定新增内容。三是本书原参编者继续完成修订再版工作,若由于某些原因不能参加,由参编者推荐与主副编协商解决。

按本书原参编者承担的章节进行各章的修订与校对,并分工如下:Ⅰ部分中的第 1 章由朱英富修订、王荣成校对,第 2、5 章由王荣成、王硕威修订、宋冬安校对,第 3、4、6 章由宋冬安修订、王荣成校对;Ⅱ部分中的第 7、8 章由张国良修订、孙光甦校对,第 9 章由孙光甦修订、张国良校对,第 10、13 章由邵汉林修订、张国良校对,第 11、14 章由马远清修订、胡孝华校对,第 12 章由马建忠修订、邵汉林校对,第 15 章由邵汉林修订、马建忠校对;Ⅲ部分中的第 16 章由张国良修订、孙光甦校对,第 17 章由孙光甦修订、张国良校对,第 18 章由马建忠修订、邵汉林校对,第 19 章由邵汉林修订、马建忠校对,新增第 20 章由郑军林编制、唐剑飞校对。本书的内容简介、前言、目录、参考文献由张国良修订,并负责编写“再版序”和进行各章修订稿统稿后形成全书修订再版稿。全书修订再版稿最后由朱英富、张国良总校和审定。

在全书修订再版过程中,得到了七〇一所吴晓光所长、孙光甦副所长,人事处处长胡勇、原副处长谢平、王允明,情报室杨龙主任,声隐身室朱显明主任等的关心支持。按朱英富意见,由张国良承接出版社委托的本书修订任务,并负责组织实施和提交修订再版稿。张国良在七〇一所 42 年的工作生涯,为本书修订任务的完成打下良好基础。特别是 1975 年负责筹建的七〇一所四室总体噪声控制组(现隐身科)和 1985 年负责筹建的七〇一所噪声振动试验研究室(现声隐身室)为本书的编著和修订提供了强有力的技术支持。2007 年至今受聘于海军×××总师办专家,也为本书修订任务的圆满完成提供了重要保障。为此要特别感谢海军×××总师办朱石坚总师、何其伟主任、翁雪涛副主任、楼京俊教授等。与

此同时,七〇一所情报室张潜为本书收集和翻译相关文献资料,声隐身室张青青为本书修订再版承担了具体事务性工作,海军×××总师办蒋再彩为本书修订再版稿有关部分的打印和协助各章修订再版稿的统稿而付出了辛勤劳动。在此对所有关心和支持本书修订再版的领导与相关人员表示诚挚的谢意。

在现代舰船设计中“隐身”已作为舰船的重要性能,大力促进舰船隐身技术的发展,提高舰船隐身水平仍是当务之急,仍需努力奋斗,愿本书再作贡献。虽然本书经过修订,但书中难免有疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

《舰船隐身技术》修订再版组

2013年6月

第一版前言

随着现代探测设备和武器(导弹、鱼雷、水雷)向高精度、远距离的发展,舰船的暴露和被命中概率大幅提高,生存力和战斗力受到严重威胁。从隐形飞机的诞生和战斗中所发挥作用而受到启迪,舰船隐身开始受到重视,并且世界上相继出现隐身舰、安静型潜艇,从舰船性能方面以提高其隐蔽性,同时增加防护和对抗能力。舰船隐身技术就是为了降低舰船的暴露率和敌方武器命中率,提高本舰对目标的发现、跟踪距离和打击力,从而采取多种技术和措施,以减小舰船物理场特征信号。

本书以舰船为背景,阐述了舰船物理场(电磁场、声场、红外场、磁场、水压场、尾流场)的基本理论;物理场特性和分析计算方法;物理场控制技术及测试方法等。由朱英富、张国良提出本书总体构架,全书分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三部分共19章。Ⅰ.舰船雷达隐身技术(共6章);Ⅱ.舰船声隐身技术(共9章);Ⅲ.舰船其他物理场(红外场、磁场、水压场、尾流场)隐身技术(共4章)。全书突出雷达隐身、声隐身和红外隐身方面的内容。根据编著者的专业和特长分工如下:Ⅰ部分中的第1章由朱英富编著,第2、5章由王荣成编著,第3、4、6章由宋东安编著;Ⅱ部分中的第7、8章由张国良编著,第9章由孙光甦编著,第10、13章由朱显明编著,第11、14章由原春晖编著,第12章由马建忠编著,第15章由邵汉林编著;Ⅲ部分中的第16章由张国良编著,第17章由孙光甦编著,第18章由马建忠编著,第19章由邵汉林编著。各章完成初稿后分别进行校稿,并由朱英富、张国良组织编著者进行全书统稿和修改。本书稿通过王荣成、孙光甦初审后,最后由朱英富、张国良审定。

由于隐身技术是近代才发展起来的新兴学科,还处于工程应用的初级阶段,因此,在理论研究、分析计算、试验检测和工程应用等方面还有待进一步深入探索。编著者希望本书能引起读者对舰船隐身技术的关注,并促进我国隐身技术的发展。书中难免有不当之处,诚恳希望读者不吝批评、指正。

编著者

2003年6月

目 录

I 舰船雷达隐身技术

第 1 章 概论	3
1.1 概述	3
1.2 有关物理知识	4
1.3 舰船雷达隐身的功能	10
第 2 章 舰船雷达特性	13
2.1 引言	13
2.2 雷达的工作原理	13
2.3 雷达基本单元	14
2.4 雷达类型	16
2.5 雷达检测	22
2.6 舰船雷达的特征	24
第 3 章 雷达散射截面计算	29
3.1 基本概念	29
3.2 雷达截面积的预计方法	31
第 4 章 特殊几何体的散射特征	74
4.1 简单几何体的散射特征	74
4.2 简单复合体的散射特征	85
4.3 散射形状的分类	92
第 5 章 舰船雷达散射截面控制	96
5.1 概述	96
5.2 雷达隐身考虑原则	96
5.3 外形隐身技术	100
5.4 材料隐身技术	106
5.5 舰用电子对抗技术	110
第 6 章 雷达散射截面测试技术	114
6.1 引言	114
6.2 RCS 测量的类型	114
6.3 测量技术要求	118
6.4 测量误差分析	124
6.5 室外 RCS 测试	131
6.6 室内 RCS 测量	141
6.7 几种常用的测试方法	147

II 舰船声隐身技术

第7章 舰船声隐身基础知识	159
7.1 名词术语、量和单位	159
7.2 声学基础	170
第8章 舰船声隐身技术概论	189
8.1 概述	189
8.2 舰船声隐身技术	194
第9章 舰船水声场特性	204
9.1 概述	204
9.2 舰船辐射噪声和自噪声特性	204
9.3 舰船声目标特性	244
9.4 舰船水声场与舰船隐身	253
第10章 舰船结构声场特性	259
10.1 概述	259
10.2 舰船结构声场的形成	270
10.3 舰船结构声场特性	278
10.4 舰船结构声场与舰船隐身	283
第11章 舰船空气声场特性	286
11.1 概述	286
11.2 舰船空气声场的形成	288
11.3 用亥姆霍兹定理求解舰船空气声场	295
11.4 舰船空气声场与舰船隐身	298
第12章 舰船水声场控制	303
12.1 舰船噪声指标确定及分配	303
12.2 舰船水声场控制技术	305
12.3 消声瓦	327
12.4 水声对抗	333
第13章 舰船结构声场控制	337
13.1 结构设计	337
13.2 机械设备的选用与布置	340
13.3 舰船设备基座	342
13.4 隔振技术	348
13.5 阻尼技术	353
13.6 管路振动控制	357
13.7 结构声衰减	361
13.8 机械阻抗计算	366
第14章 舰船空气声场控制	371
14.1 舰船机电设备的噪声控制	371

14.2	吸声	375
14.3	隔声	380
14.4	消声器	387
14.5	有源噪声控制	394
第 15 章	舰船声场及目标特性测量	398
15.1	测量技术基础	398
15.2	舰船空气噪声测量	409
15.3	舰船结构噪声测量	413
15.4	舰船水噪声测量	422
15.5	舰船目标强度测量	426
 III 舰船其他物理场隐身技术		
第 16 章	舰船红外场隐身技术	429
16.1	概述	429
16.2	舰船红外场特性	437
16.3	舰船红外场的控制	453
第 17 章	舰船磁场隐身技术	463
17.1	概述	463
17.2	舰船磁场特性	463
17.3	舰船消磁技术	470
17.4	舰船磁场测量	474
第 18 章	舰船水压场隐身技术	480
18.1	舰船水压场	480
18.2	舰船水压场特性	484
18.3	舰船水压场的测量	488
第 19 章	舰船尾流场隐身技术	492
19.1	概述	492
19.2	舰船尾流场特性	493
19.3	舰船尾流场探测	497
第 20 章	舰船电场隐身技术	500
20.1	概述	500
20.2	舰船电场的形成与特性	500
20.3	舰船电场的防护与控制	503
参考文献		507

I

舰船雷达隐身技术

第 1 章 概 论

1.1 概 述

1.1.1 引言

舰船隐身性是当今各海军大国普遍关注的大问题。对于一艘在海上执行任务的舰艇来说,暴露于开阔的海面,就会面对着来自空中、海上、水下多方面的攻击。虽然舰上配备了各种防御武器,但还不足以最有效地防御精确武器的打击。随着当代电子技术、武器装备的飞跃发展,雷达等探测设备的探测距离、精度等性能达到了相当高的程度,导弹武器的制导技术也使武器命中率达到了极为精确的程度。

水面舰艇被发现和命中的概率不断地增大,使其在海上作战中更易遭受到攻击。因此,近年来各国海军对舰艇的雷达隐身提出了迫切的要求,并作为舰艇的一项重要的战术、技术指标。一艘隐身性设计良好的舰艇能有效降低被敌方雷达发现和被敌方武器击中的概率,并能在海战中争取到足够的准备时间进行对敌反击。雷达隐身设计主要是通过各种措施来降低舰艇的雷达信号特征值——雷达截面积,以达到“隐蔽”的目的。舰艇雷达隐身技术近几年发展很快,并在舰艇中得到了大量的应用,航空、航天等领域的雷达隐身技术发展成果,也在舰艇领域中得以越来越多的借鉴。但由于舰艇是一个外形复杂的大电尺寸的结构物,所以它的雷达隐身设计和隐身技术的应用就显得更为复杂和困难。此外,未来反隐身技术的发展,也对舰艇的隐身技术提出了挑战。

1.1.2 舰船雷达隐身技术应用的进展

第二次世界大战期间,雷达的出现给战争的进程带来了重大的变化,而雷达隐身技术相应地伴随着雷达的应用而出现。第二次世界大战中,德国潜艇为了减少被盟国空军战机的发现距离,在潜艇通气管上安装了雷达吸波材料,这可以说是舰艇应用雷达隐身技术的先例。第二次世界大战后,雷达隐身技术在航空中的应用较多,如 20 世纪 50 年代中期的美国 U-2 高空侦察机,20 世纪 60 年代的 SR-71 高空侦察机。美国 F-117A 隐身战机的研制成功,大大促进了武器装备的隐身技术的应用和发展,使隐身技术在空军、陆军和海军武器装备中得到了普遍应用,并成为其重要的设计内容。

20 世纪 80 年代,英国在 23 型护卫舰设计中首次采用了雷达隐身技术,主要通过是在舰艇上层建筑采用侧壁倾斜 7° 、减少角反射的影响等措施以减小舰的雷达截面积。美国在 20 世纪 80 年代中期开发了以小水线面双体船型为基础的隐身试验艇“海影”号(Sea Shadow)。瑞典海军于 1991 年开始用隐身试验艇“斯米杰”号(Smyge)进行各种试验。法国海军成功地研制了排水量为 3 600 吨“拉斐特”级(La Fayette)隐身护卫舰。据报道其雷达截面积仅相当于一艘 500 吨的巡逻艇的雷达截面积。此后,瑞典于 1996 年底开始建造一艘低可探测性的轻型护卫舰 YS-

2000 型“维斯比”号(Visby)。它同“斯米杰”号一样是用纤维增强塑料建造,使用了频率选择表面和雷达吸波材料。该舰的特点是应用了许多低可探测性的技术,包括低雷达截面积、红外、水下声压、水动压力等特征信号。德国布朗·沃斯(Brown Voss)公司推出的 MEKO 系列新一代隐身舰中的 4 000 吨级的 MEKO A-200 型,其雷达截面积只相当于一艘常规高速攻击艇。

舰艇甲板面上众多的天线对雷达隐身有着重要的影响,各国海军在这方面也做了不懈的努力。美国海军在 DD963“斯普鲁恩斯”(Spruance)级的“瑞德福特”(Arthur W Radford)号上改装了先进的混合式复合材料结构桅(后桅),称为“先进封闭式桅杆/传感器系统”。其中部采用了选频结构材料,只允许己方传感器频率通过,且损失很小。英国的沃·桑(Vosper Thornycroft)公司开始着手“海幽灵”II(Sea Wraith)的研制,他把所有的通信天线及附件都隐藏于一个截头锥体形的后桅中。

英国宇航系统公司进行了新的舰艇桅杆隐身技术研究,这种技术使远程雷达以及许多大功率传感器和通信天线有效组合,使它们之间的干扰降低到最低。这种天线桅杆已安装到英国的新一代 45 型驱逐舰上。这种新桅杆在钢结构外附有先进的纤维增强型塑性复合嵌板,其上有雷达吸波层,传感器采用可互换的模块安装在桅杆内。

20 世纪 90 年代起,无论是大国海军,还是中小国家都对舰艇减小雷达信号特征值越来越重视,都把减小雷达截面积作为一个重要指标来要求,并在设计中采取各种措施来实现这一目标。

1.2 有关物理知识

1.2.1 雷达工作频率

1979 年国际无线电波管理会议采用 A,B,C,D… 字母来对雷达的频段(波段)进行划分(如下表),已为世界各国所采用。

波 段	频率范围	波 段	频率范围
A	0 MHz ~ 250 MHz	G	4 GHz ~ 6 GHz
B	250 MHz ~ 500 MHz	H	6 GHz ~ 8 GHz
C	500 MHz ~ 1 GHz	I	8 GHz ~ 10 GHz
D	1 GHz ~ 2 GHz	J	10 GHz ~ 20 GHz
E	2 GHz ~ 3 GHz	K	20 GHz ~ 40 GHz
F	3 GHz ~ 4 GHz	L	40 GHz ~ 60 GHz
		M	60 GHz ~ 100 GHz

美国在二次世界大战中,为了保密也将雷达波段用字母表示。1976 年,美国电机电子工程师协会所规定的波段(如下表),目前仍被广泛地使用。

波 段	频率范围	波 段	频率范围
HF	3 MHz ~ 30 MHz	X	8 GHz ~ 13 GHz
VHF	30 MHz ~ 300 MHz	Ku	13 GHz ~ 18 GHz
UHF	300 MHz ~ 1 GHz	K	18 GHz ~ 27 GHz
L	1 GHz ~ 2 GHz	Ka	27 GHz ~ 40 GHz
S	2 GHz ~ 4 GHz	毫米波	40 GHz ~ 300 GHz
C	4 GHz ~ 8 GHz		

国际电信联盟对频段作如下表的划分:

波段	波长	频段	频率范围
短波	100 m ~ 10 m	HF(高频)	3 MHz ~ 30 MHz
米波	10 m ~ 1 m	VHF(甚高频)	30 MHz ~ 300 MHz
分米波	100 cm ~ 10 cm	UHF(特高频)	300 MHz ~ 3 GHz
厘米波	10 cm ~ 1 cm	SHF(超高频)	3 GHz ~ 30 GHz
毫米波	10 mm ~ 1 mm	EHF(极高频)	30 GHz ~ 300 GHz

3 MHz ~ 30 MHz 的 HF 雷达主要用于超视距警戒,其电磁波可沿地面传播,也可经电离层反射传播。

30 MHz 以上至 2 GHz(如 VHF,UHF;L;A,B,C,D) 的雷达主要用于超远程警戒;空中交通管制常用 D 波段。

S 波段或 E,F 波段雷达常用于中程警戒,远程气象以及机场交通管制。

C 波段或 G,H 波段雷达多用于精密监视雷达、跟踪雷达、气象雷达等。

X 波段或 I 波段雷达用于中近程武器火控雷达、对海搜索雷达、导航雷达、机载搜索、跟踪雷达、气象雷达以及交通管制。

Ku,K,Ka 波段或 J,K 波段主要用于近程搜索、跟踪以及导弹的控制和末制导。X 波段的高频段也可用于此目的。

毫米波雷达或 L,M 波段(40 ~ 100 GHz) 用于低仰角跟踪、导弹末制导、宽带高分辨率雷达。

1.2.2 雷达方程

雷达方程是雷达最大作用距离和雷达系统各参数之间的关系,在自由空间的脉冲雷达方程的基本形式为:

$$R_{\max} = \left(\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_r} \right)^{1/4} \quad (1-1)$$

式中, $R_{\max}$ 是雷达最大作用距离; P_t 是雷达发射机输出的脉冲功率; G 是雷达天线增益; λ 是雷达工作波长; σ 是目标有效散射面积(雷达截面积); P_r 是雷达接收的回波功率。

在实际应用雷达方程时,也常用以下形式方程:

$$R_{\max} = \left[\frac{P_t A_e^2 \sigma}{4\pi\lambda^2 k T B F_n (S_o/N_o)_{\min} L} \right]^{1/4} \quad (1-2)$$

式中, A_e 是雷达天线有效面积, 又称天线孔径; k 是玻耳兹曼常数; T 是标准室温; B 是雷达接收机的噪声带宽; F_n 是雷达接收机的噪声系数; $(S_o/N_o)_{\min}$ 是雷达接收机输出的最小信噪比; L 是雷达的内部和外部损失。

雷达作用距离同雷达天线孔径 A_e 和平均发射功率 P 有以下关系:

$$R_{\max}^4 \propto A_e P \quad (1-3)$$

所以雷达的孔径和发射功率的积越大, 则雷达的作用距离就越大。舰载对海雷达会受到由海浪引起的海杂波的影响; 大气中的雾和雨滴会使雷达发出的电磁波衰减, 且雨滴还会产生干扰信号。

1.2.3 雷达截面积

雷达截面积(Radar Cross Section——RCS)即目标有效散射截面积是在给定方向上返回的散射功率的一种量度。通常用符号 σ 来表示, 其理论定义式为:

$$\sigma = 4\pi \lim_{R \rightarrow \infty} R^2 \frac{|\mathbf{E}^s|^2}{|\mathbf{E}^i|^2} = 4\pi \lim_{R \rightarrow \infty} R^2 \frac{|\mathbf{H}^s|^2}{|\mathbf{H}^i|^2} \quad (1-4)$$

式中, $\mathbf{E}^s$ 、 $\mathbf{H}^s$ 分别为散射电场和磁场, $\mathbf{E}^i$ 、 $\mathbf{H}^i$ 则分别为入射电场和磁场。

在实际应用中, 也可用式(1-1)给出的雷达方程来求得目标的雷达截面积, 即:

$$\sigma = \frac{(4\pi)^3 P_t R_{\max}^4}{P_r G^2 \lambda^2} \quad (1-5)$$

显然, 只要测出 P_r 值, 就可以由上式计算出雷达截面积。在实际情况中, 由于目标相对于雷达是不断运动的, 雷达对目标的视角也就不断变化, 所以对于某一目标来说, 不能得出一个固定的雷达截面积。因此, 对目标的雷达截面积常用不同视角的平均值或中值作为单值来表示, 也有用 95% 以上的观察时间都超过的值作为单值来表示。

RCS 的单位通常用平方米(m^2)表示, 但由于 RCS 值的动态范围很大, 在实际应用中通常采用分贝值(dB_{sm})表示, 即:

$$\sigma(\text{dB}_{\text{sm}}) = 10 \lg(\sigma) \quad (1-6)$$

式中, 右边 σ 的单位是 m^2 。下表给出了两种单位雷达截面积的某些数值对照。

RCS(m^2)	RCS(dB_{sm})	RCS(m^2)	RCS(dB_{sm})
0.01	-20	2.0	3
0.02	-17	5.0	7
0.1	-10	10.0	10
1.0	0	100	20

1.2.4 雷达波散射机理

雷达波电磁能量在传播途径中遇到金属障碍物就会发生散射, 散射强度和方向同雷达波能量和障碍物的特性密切相关。障碍物的几何形状、尺度与波长之比、材料的电特性等都对雷达波的散射有影响。障碍物对雷达波的散射主要有以下五种方式。

1.2.4.1 镜面反射

目标的镜面反射可以在表面法向产生较强的雷达回波,其分布的角域范围决定于表面的形状和尺寸。图1-1为平面镜反射的示意图。平面相对波长的尺寸越大,反射波的每个波瓣的波束角就越小,同样整个波瓣角度也越小。水面舰艇舰体结构上有许多大平面,对于大平面,雷达波反射能量集中在一个极小角度的空间范围内。因此,如雷达入射波束来自水平方向,则只要将这些大平面从垂直面略倾斜一个角度,就能使反射的能量不再返回到雷达接收机。

平滑曲面也会产生镜面反射。当雷达波的入射方向与曲面上某点(或线)的法线平行(即垂直入射)时,在该点(或线)就会产生后向镜面反射。如果雷达波不在曲面的某点(或线)垂直入射,则镜面反射主波瓣就不会在入射反方向上。对平板而言,只在很小角度范围内存在强的镜面散射问题,但曲面会在很大的视角上存在强的镜面散射问题。

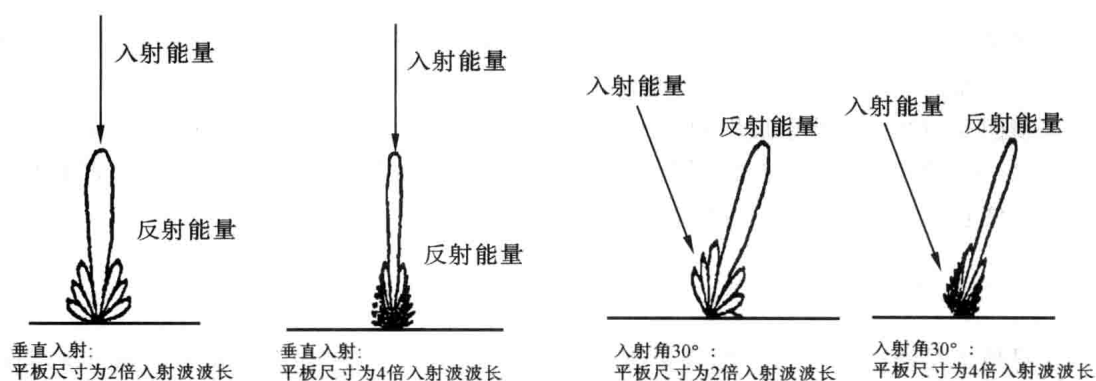


图1-1 平板电导体表面的散射

1.2.4.2 角形结构反射

相邻的平面可以形成多次反射路径,从而在较大的视角范围内产生显著的后向散射。由两个或三个相互正交的平面构成的散射面称之为角反射体,它是最强的散射源,因为它可使雷达波束经过两次或三次反射后沿着入射波方向反射回去见图1-2。

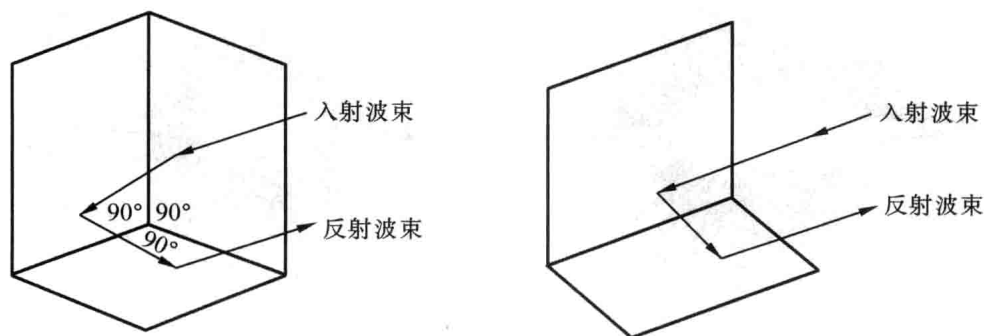


图1-2 直角双面体和三面体反射路径