

防空兵器靶标

Target For Air-defence Weapon

《防空兵器靶标》编委会 编

航空工业出版社

33 063 003

V279
03

防空兵器靶标

Target for Air-defence Weapons

《防空兵器靶标》编委会 编



HK33/0P

航空工业出版社

1 9 9 7



C0345856

内 容 提 要

本书全面汇集和介绍国内外防空兵器靶机及靶机机载与地面设备,同时还专章介绍靶机的红外、雷达增强技术、增强设备及测量技术;它既介绍防空兵器靶标的发展概况、应用、分类与特点以及主要关键技术,还介绍靶机以外无人飞行器的发展及应用,是迄今为止把靶标、靶机、机载与地面设备、红外与雷达增强技术相结合的一本专著。

全书由概论、国外防空兵器靶标、中国防空兵器靶标、靶机的机载设备、靶机的地面设备、靶标的雷达增强技术、靶标的红外辐射特性和增强技术、靶标之外的无人飞行器及其应用等八章组成。本书图文并茂,是军事机关、国防科研院所、军事院校及作战部队了解防空兵器靶标和相关技术的重要专著。

图书在版编目(CIP)数据

防空兵器靶标/无人驾驶飞行器学会编.

北京:航空工业出版社,1997.8

ISBN 7-80134-243-7

I. 防… II. 无… III. 靶机 IV. V 279

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 17594 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

航天 208 印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1997 年 8 月第 1 版

1997 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 22.5 字数: 576 千字

印数: 1—1000

定价: 80 元

编委会成员名单

主 任：刘从军

副 主 任：杨存富 刘景生 王文琪

委 员：（以姓氏笔划为序）

任家林 吕慧英 杨松林

袁 起 徐品高 唐纹瑛(常务)

责任编辑：屠宛琰 姜育义

封面设计：刘 军

作 者:

第一章 宗有德

第二章 张志鸿 宗有德

第三章 徐正荣 吴小椿 林伟东 周同礼 何洁莹

第四章 张志鸿

第五章 张志鸿

第六章 宗有德 巢增明 向家武 印国泰 朱志浩

第七章 宗有德 籍全权 姚连兴 王福恒

第八章 季斌南等

附 录 吕慧英

序 言

从载人动力飞机问世,到 1921 年英国研制成第一架实用型靶机,人们惊奇地发现这短短的十几年,航空技术发生了飞速的发展:从第一架十分原始的动力飞行机器,发展到自主飞行的遥控飞行器;从研制成用于战争的空袭飞机,演变到与它对抗的防空兵器;从无人飞行器的多用途发展,派生出无人飞行器最具特色的一个重要分支——防空兵器靶标。

防空兵器靶标作为空中威胁兵器的动态模拟器,是检验与鉴定防空兵器有效性和部队训练的必要手段,它是防空兵器研制过程中不可缺少的重要一环。70 多年来,世界各先进工业国竞相发展靶标技术,防空兵器靶标得到了长足的发展,它已从单一的遥控靶机,发展成具有靶弹、拖靶、伞靶、浮靶等靶机系列,它的很多关键技术,凝聚着当代高技术的成果。

本着全面汇集与介绍国内外主要防空兵器靶标概况及其关键技术的精神,我们编写了这本书。全书由概论、国外防空兵器靶标、中国防空兵器靶标、靶机的机载设备、靶机的地面设备、靶机的雷达增强技术、靶机的红外辐射特性和增强技术、靶机之外的无人飞行器及其应用等八章组成。

本书既以较大篇幅汇集和介绍了国内外主要防空兵器靶标及其机载与地面设备,同时还专章介绍靶标的红外与雷达增强设备及其测量技术;既介绍防空兵器靶标的发展、应用、分类与特点,还介绍了靶标以外无人飞行器的发展及应用,是迄今为止把靶标、配套设备及红外与雷达增强技术相结合的一本专著。我们愿以本书献给成千上万从事防空领域的军内外同仁,如果本书能给大家带来工作上的收益,那将是我们最大的荣幸。

中国宇航学会无人飞行器学会理事长 刘从军

一九九七年七月于北京

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 靶标的概念与范畴	(1)
1.2 防空兵器靶标的发展概况	(3)
1.2.1 开创阶段	(3)
1.2.2 发展阶段	(3)
1.2.3 充实完善阶段	(4)
1.2.4 全面发展阶段	(4)
1.3 靶标在导弹武器研制中的重要地位	(8)
1.3.1 靶标是防空兵器与作战飞机发展史的旁证	(8)
1.3.2 靶标是检验防空兵器性能的必要装备	(8)
1.3.3 靶标的通用性适用于防空兵器对多种目标的射击试验	(8)
1.3.4 靶标可用于检验防空兵器的射击精度	(9)
1.3.5 实弹射击靶标才能真实检验防空兵器的引信启动特性和杀伤效果	(9)
1.3.6 靶标可用于检验防空兵器对付群目标的战术性能	(9)
1.4 防空兵器对靶标的要求	(9)
1.4.1 飞行性能	(10)
1.4.2 外形尺寸与质量	(10)
1.4.3 发射与回收	(10)
1.4.4 靶标的脱靶矢量值测量要求	(10)
1.4.5 对模拟目标的雷达微波散射特性和红外辐射特性的要求	(10)
1.4.6 价格与效费比	(11)
1.4.7 关于杀伤效果的模拟	(11)
1.4.8 对新一代靶标的特殊要求	(11)
1.5 靶标的分类及特点	(11)
1.5.1 按使用性质分类	(12)
1.5.2 按机型大小分类	(12)
1.5.3 按动力装置分类	(12)
1.5.4 按控制方式分类	(13)
1.5.5 按飞行性能分类	(13)
1.6 靶标的发展途径及关键技术	(13)
1.6.1 靶标的发展途径	(13)
1.6.2 靶标的主要关键技术	(14)
第二章 国外防空兵器的靶标	(17)
2.1 概述	(17)
2.2 美国防空兵器的靶标	(18)
2.2.1 概况	(18)
2.2.2 “火蜂”-1(Firebee-1)系列靶机	(20)

2.2.3	“火蜂”-2(Firebee-2)靶机	(30)
2.2.4	“石鸡”(Chukar)系列靶机	(34)
2.2.5	“火弩”(Firebolt)超音速靶弹	(39)
2.2.6	AQM-37 超音速靶机	(43)
2.2.7	MQM-107 系列靶机	(45)
2.2.8	BQM-126A 靶机	(47)
2.2.9	实战飞机缩比靶机	(48)
2.3	英国防空兵器的靶标	(49)
2.3.1	概况	(49)
2.3.2	“鹞”(Snipe)系列动力靶	(50)
2.3.3	“蜻”(Smidge)和“班纹”(Streak)动力靶机	(52)
2.3.4	“雨燕”(Swift)动力靶机	(53)
2.3.5	“大黄蜂”(Hornest)和“海蝇”(Seafly)靶机	(55)
2.3.6	“伯劳鸟”(Shrike)靶机	(56)
2.3.7	Flyrt-B 靶机	(57)
2.3.8	“猎鹰”(Falcon)系列低速动力靶机	(58)
2.3.9	“苍鹭”(Heron)与“高速苍鹭”(Heron HS)靶机	(59)
2.3.10	“灰背隼”(Merlin)靶机	(60)
2.3.11	MATS-B 动力靶机	(62)
2.3.12	“飞靶”(Skeet)系列靶机	(63)
2.3.13	MATS-A 靶机	(65)
2.3.14	BTT-1“小妖魔”(Imp)动力靶机	(66)
2.3.15	BTT-2“恶魔”(Demon)靶机	(67)
2.3.16	BTT-3“女妖”(Banshee)动力靶	(68)
2.3.17	JTT-5“巫师”(Voodoo)靶机	(71)
2.3.18	TASUMA 微型动力靶机	(72)
2.3.19	TASUMA T10 和 T11“旋环”(Gyr)靶机	(73)
2.3.20	RF-500 靶机	(74)
2.3.21	ASAT“小鹰”(Falconet)喷气动力靶机	(76)
2.3.22	英国其它靶标	(79)
2.4	法国防空兵器的靶标	(83)
2.4.1	概况	(83)
2.4.2	Aerospatiale CT.20 靶机	(83)
2.4.3	Aerospatiale CT.41 超音速靶机	(85)
2.4.4	Aerospatiale C.22 亚音速变速靶机	(87)
2.4.5	MITSOUBAC 多用途靶机	(88)
2.5	澳大利亚防空兵器的靶标	(89)
2.5.1	概况	(89)
2.5.2	ATA(GAF)“金迪维克”(Jindivik)亚音速靶机	(89)
2.6	意大利防空兵器的靶标	(95)

2.6.1	概况	(95)
2.6.2	“米拉奇”-100(Mirach-100)靶机	(98)
2.6.3	“米拉奇”-300(Mirach-300)靶机	(103)
2.7	其它国家防空兵器的靶标	(106)
2.7.1	前苏联靶机	(106)
	“拉”-17(La-17)靶机	(106)
	“雅克”-25(Yak-25 RD/RV)改装靶机	(108)
	UR-1 靶机	(108)
2.7.2	巴西靶机	(108)
	Aeromot K1 AM 低速动力靶机	(108)
	CBT BQM-1BR 喷气动力靶	(110)
2.7.3	加拿大靶机	(110)
	“机器人”-X(ROBOT-X)火箭动力靶弹	(110)
	TATS 102 低速动力靶机	(112)
2.7.4	以色列 TM-105 EDO 低速动力靶机	(113)
2.7.5	瑞典“里派”(Ripan)靶机	(114)
2.7.6	瑞士 KZD-85“黄玉”(Topaz)防空炮靶	(116)
2.7.7	日本 XJ/AQM-1 靶机	(117)
2.7.8	南非靶标	(119)
	“贼鸥”(Skua)靶机系统	(119)
	“巴扎德”(Buzzard)系列靶机系统	(121)
	“鹰巢”(Eynie) TD 110 低速动力靶机	(122)
第三章 中国防空兵器的靶标		(125)
3.1	概述	(125)
3.2	防空兵器使用的靶机	(125)
3.2.1	“长空一号”(CK-1)靶机系列	(126)
3.2.2	“靶-五乙”(“米格”-15 比斯)靶机	(138)
3.3	防空兵器使用的小型靶机	(146)
3.3.1	01 型靶机	(146)
3.3.2	“改 1”型靶机	(147)
3.3.3	BJ7104 型靶机	(148)
3.3.4	YK7 型靶机	(151)
3.3.5	ASN-7 型靶机	(151)
3.3.6	ASN-9 型靶机	(153)
3.3.7	Z-1 型遥控直升机	(154)
3.3.8	ASN-12 型多用途无人机	(155)
3.4	防空兵器使用的靶弹	(157)
3.4.1	“重霄一号”(CX-1)靶弹	(157)
3.4.2	“图强一号”(TQ-1)靶弹	(157)
3.4.3	“图强二号”(TQ-2)靶弹	(158)

3.4.4 “图强三号”(TQ-3)靶弹	(159)
3.4.5 “图强四号”(TQ-4)靶弹	(159)
3.4.6 “图强五号”(TQ-5)靶弹	(159)
3.5 防空兵器使用的伞靶	(160)
3.5.1 1015B 型伞靶	(161)
3.5.2 伞靶的工作过程	(163)
3.5.3 伞靶的主要参数和性能	(164)
3.5.4 载机的挂载和使用	(164)
3.6 防空兵器使用的拖靶	(165)
3.6.1 地拖三叶靶	(165)
3.6.2 空放三叶靶	(168)
3.6.3 袋靶	(170)
3.6.4 旗靶	(172)
第四章 靶机的机载设备	(175)
4.1 概述	(175)
4.2 靶机的飞行控制系统	(175)
4.2.1 飞行控制系统的组成	(175)
4.2.2 飞行参数测量设备	(176)
4.2.3 指令接收和应答设备	(178)
4.2.4 飞行信号处理设备	(179)
4.2.5 靶机飞行控制执行器件	(181)
4.2.6 靶机飞行控制指令及信号框图	(182)
4.3 靶机的推进系统	(183)
4.3.1 活塞螺旋桨发动机	(185)
4.3.2 涡喷发动机	(185)
4.3.3 火箭发动机	(186)
4.4 机上回收装置	(188)
4.4.1 靶机回收的分类	(188)
4.4.2 回收系统组成	(188)
4.4.3 回收过程	(189)
4.5 脱靶量指示器	(189)
4.5.1 脱靶量指示系统的分类	(189)
4.5.2 脉冲测距脱靶量指示器 AN/DSQ-24A (DIGIDOP)	(191)
4.5.3 连续波多普勒脱靶量指示器 RACAL 2700	(193)
4.5.4 脉冲多普勒脱靶量指示器 AN/DSQ-37	(195)
4.5.5 脱靶量指示器 AN/DSQ-41A	(196)
4.5.6 声学脱靶量指示器	(198)
4.6 拖靶、吊舱及其它设备	(199)
4.6.1 对拖靶和吊舱装置的要求	(199)
4.6.2 拖靶装置	(199)

4.6.3 拖靶释放控制设备	(202)
4.6.4 翼尖吊舱	(203)
4.6.5 发烟目视增强装置	(206)
第五章 靶机的地面设备	(207)
5.1 概述	(207)
5.2 靶机发射及其控制设备	(208)
5.2.1 靶机发射装置	(208)
5.2.2 发射助推装置	(209)
5.2.3 靶机发射控制设备	(211)
5.2.4 靶机发射场的配置	(212)
5.2.5 舰上发射设施	(215)
5.3 靶机跟踪控制设备	(215)
5.3.1 靶控站的功能与组成	(215)
5.3.2 VEGA 系列地面靶控站	(217)
5.3.3 阿拉马克(ALAMAK)地面靶控站	(223)
5.3.4 摩托罗拉一体化靶机控制系统(ITCS)	(224)
5.3.5 ITCS 便携式靶控站(PCS)	(227)
5.4 支援维护设备	(228)
5.4.1 靶机测试及飞行参数装定设备	(229)
5.4.2 撤收及清洗设备	(231)
5.4.3 维护支承设备	(232)
5.4.4 其它辅助设备	(232)
5.5 脱靶量测量地面接收处理设备	(233)
5.5.1 AN/DSQ-24A 脱靶量测量地面站	(233)
5.5.2 GRS-1L 脱靶量指示系统地面站	(235)
5.5.3 2700 脱靶量指示系统地面站	(236)
5.5.4 ASATS 自动化脱靶量指示及跟踪站	(240)
5.5.5 脱靶参数辨识法	(243)
第六章 靶标的雷达增强技术	(246)
6.1 概述	(246)
6.2 雷达增强系统的特点及要求	(246)
6.3 雷达增强系统的技术途径及分类	(248)
6.4 有源雷达增强系统	(248)
6.4.1 用于“火蜂”靶机的有源雷达增强器	(249)
6.4.2 高增益集装式有源雷达增强器	(250)
6.4.3 鉴定有源雷达增强器的一种有效数学方法	(254)
6.5 无源雷达增强器	(256)
6.5.1 角反射器的无源雷达增强器	(257)
6.5.2 龙伯球无源雷达增强器	(260)
6.5.3 泡沫锥无源雷达增强器	(261)

6.6	雷达增强系统的测量及统计特性	(262)
6.6.1	定义与概念	(263)
6.6.2	全尺寸目标散射测试外场	(264)
6.6.3	测量目标缩比模型的微波暗室	(278)
6.6.4	靶标的角闪烁的测量与分析	(283)
6.6.5	雷达增强系统的统计特性	(288)
第七章	靶标的红外辐射特性和增强技术	(290)
7.1	概述	(290)
7.1.1	军用飞机红外辐射光谱特性	(290)
7.1.2	喷气飞机的红外辐射强度方向图	(293)
7.1.3	喷气飞机红外图像特征	(293)
7.2	靶机红外辐射特性测量技术	(294)
7.2.1	靶机红外辐射特性测量方法	(294)
7.2.2	靶机红外辐射特性测量仪器	(296)
7.3	靶机红外辐射特性的计算方式	(300)
7.3.1	靶机红外辐射光谱特征	(300)
7.3.2	靶机红外辐射强度方向图	(301)
7.3.3	靶机的图像特征	(301)
7.3.4	靶机红外辐射特性的理论计算方法	(302)
7.4	靶机红外辐射特性的模拟技术	(305)
7.4.1	靶机的红外增强措施	(305)
7.4.2	国外一种高空超音速靶机的红外增强措施与测试	(307)
第八章	靶机之外的无人飞行器及其应用	(311)
8.1	概述	(311)
8.2	侦察监视类无人机	(312)
8.2.1	长航时无人机	(312)
8.2.2	中程无人侦察机	(316)
8.2.3	短程无人侦察机	(320)
8.2.4	近程无人侦察机	(321)
8.3	电子对抗类无人机	(321)
8.3.1	无人电子侦察机	(321)
8.3.2	无人电子干扰机	(323)
8.4	攻击类无人机	(325)
8.4.1	多次性使用无人攻击机	(326)
8.4.2	一次性使用无人攻击机	(326)
8.5	实验研究类无人机	(327)
附录	防空兵器靶标主要性能数据一览表	(330)
参考文献		(353)

第一章 概 论

1.1 靶标的概念与范畴

靶标是指各种武器系统所要攻击的目标的一种动态实物模拟器。它用来检验整个武器系统的战术技术性能,其中包括武器本身及其主要组成系统,如导弹、雷达、光学跟踪器、发射控制系统等的综合性能。因此,从武器系统研制要求以及从武装部队训练出发,均要求靶标在各种性能上尽可能地逼真于真实目标。靶标与目标在英文中是同一词——Target,这正说明两者的一致关系。

靶标的外延是很广的,它将包括空中、空间、地面、水面、水下、乃至地下活动目标的替代物。本书主要介绍防空兵器的靶标,它是靶机、靶弹、拖靶、伞靶和浮靶等的总称。本书对前两种靶标统称为靶机。

靶机可以看作是无人飞行器和靶标两个概念之交,英国编纂的两种简氏年鉴体现出靶标与无人飞行器的属种关系(层级关系)。在《简氏武器系统年鉴》(JANE'S Weapon Systems)中,靶标隶属于 Drones & RPVs(自控与遥控飞行器)^①类别,在《简氏世界飞机年鉴》(JANE'S All The World's Aircraft)中则隶属于“遥控飞行器与靶标”(RPVs and Targets)类别。

“中国宇航学会无人飞行器学会”(Chinese Society for Unmanned Air Vehicles,简称 CSUAV)的专业范畴则包容了靶机。

对于靶机与无人飞行器的属种关系,国内的许多文献书藉中并列混称,即使在国外也很少单独提到靶机技术,盖因靶机发展至今日,已经广泛地嫁接到无人飞行器的其他下属机种。国际有关学术团体均不把靶机作为单项技术,而是包容于无人飞行器(Unmanned Air Vehicle 或 Unmanned Aerial Vehicle,简称 UAV)技术之中,某些国外书刊另外还沿用了与之并行的“遥控飞行器”(Remotely Piloted Vehicles,简称 RPV)术语,他们认为属于同义,且出于历史原因而不愿舍弃。

出于约定俗成,现在一般将有动力的空中靶标称为靶机(Target Drone)。综上所述,靶机与无人飞行器或无人机(Unmanned Aircraft)有着密切的关系,因此靶机除了某些机上专用设备外,都与 UAV 有相似的技术。

另外还有一种靶机,与其说是飞机类,不如说是导弹类,我们把它称为靶弹。它们与导弹在外形上几无二致。事实上,有些靶机是由一些地空导弹改装成的。例如美国本迪克斯制导系统公司(Bendix Guidance Systems)研制的 MQM-8G“破坏者”靶机就是美国海军 RIM-8G“黄铜骑士”舰空导弹的改型,还有英国的“海猫”舰空导弹经过更换战斗部后已成为模拟掠海反舰导弹的超低空靶。

英国皇家国防研究院院长、空军上将迈克尔认为无人飞行器与无人机是同义的,并有如

^① 著作者理解为“自控与遥控飞行器”

下定义：在几乎全程飞行路线和制导状态下，无人飞行器（或无人机）是一种机上无人、借助空气动力的飞行器。

据此，导弹属于无人机范畴。当前之所以将它们并行分开，是由于导弹的族类太大，而且导弹武器已经很完整，再则无人机与导弹在用途上毕竟存在差别，导弹属于杀伤性且大多一次使用，无人机大部分为非杀伤性且可重复使用。有关靶机和无人飞行器的隶属关系可参阅图 1.1。

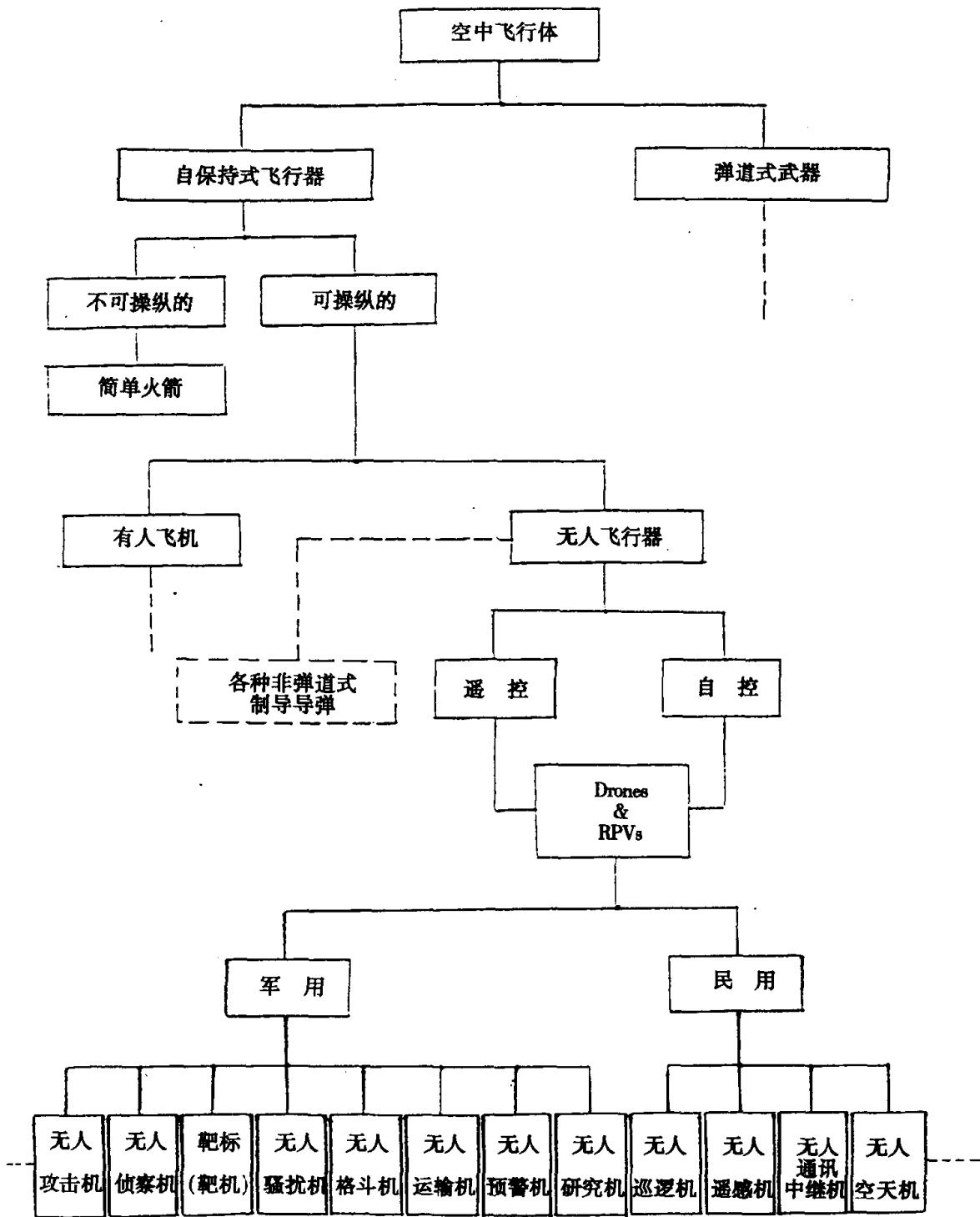


图 1.1 靶机与无人飞行器的隶属关系

图 1.1 中的 Drone 是自主式无人机，对应靶机来说，具有自控式或程控式特点；而 RPV

是遥控飞行器，它在飞行过程中，按地面无线电指令飞行，具有无线电遥控的特点。相当一部分的靶机属于此类。

但是包括靶机在内的无人机往往同时具备自控和遥控的性能特点，自控用于中段和远距离的导航；遥控则用于起飞和回收的近距离导引。

德国人恩斯特·诺克（Ernst Noack）认为严格区分 Drone 与 RPV 是不必要的，因此，图 1.1 中就出现了两者既分又合的示意。

1.2 防空兵器靶标的发展概况

靶标（指空中靶标）的发展过程就是无人飞行器的发展过程，它们历经了四个发展阶段。

1.2.1 开创阶段

1915 年 10 月，德国西门子工厂研制了采用伺服控制装置和指令制导系统的滑翔炸弹，它由载弹机发出的航向信号实施控制，在当时被世界公认为是有控无人飞行器的先驱。

1917 年英国皇家航空研究院（Royal Aircraft Establishment，简称 RAE）制成第一架无人驾驶的飞机，初步将空气动力学、轻型发动机和无线电三者结合起来。1918 年法国的第一架无线电遥控飞机试飞成功。

直到 1921 年英国总结了过去的研究与试验成果，终于研制成可付诸实用的世界第一架靶机，它可在 1 830m 上空以 160km/h 的速度飞行。前苏联在此 5 年后才研制出尚不可实用的无人机。

此后，英国一直孜孜不倦地发展无人机的有关技术。1931 年 9 月，英国“费利王后”（Fairey Queen III F）靶机作了 9 分钟的有控飞行。1932 年，英国 Home 舰队将“费利王后”携往地中海作试验，检验靶机的飞行性能，更重要的是检验 Home 舰队防空火力的效能。当时“费利王后”冲着 Home 舰队的密集防空火力飞行了 2h 而未被击中，这不仅说明当时海军防空兵器的低效，同时也充分说明靶机具有无可争辩的实用性，一旦靶机改成无人攻击机，将对舰队带来莫大威胁。1933 年英国又研制成有名的“蜂后”（Queen Bee）靶机，随即投入批生产。这种靶机在 1934 ~ 1943 年共生产了 420 架，每架都有 20 架次的飞行记录，它们一直沿用到第二次世界大战以后。

1940 ~ 1941 年间美国才开始研制生产系列靶机，被称为 A 系列机和 PQ 系列机。第二次世界大战后又研制 OQ 系列机，其中 OQ-19 型靶机也极负盛名，机上有自动飞行控制装置和雷达信标装置，可在视界外飞行。后来，美国把靶机技术与飞航式导弹技术结合起来，成为 BQ 系列无人轰炸机，它们的先驱应首推纳粹德国的 V-1 型导弹。

1.2.2 发展阶段

从第二次世界大战末到 20 世纪 50 年代末、60 年代初，是靶机的发展阶段。举世闻名的美国“火蜂”（Firebee）靶机可说是这个时期靶机发展的标志。

1944 年，美国瑞安航空公司（Ryan Aeronautical Company）与美国海军和空军签订合同，拟定一个发展“火蜂”靶机的联合计划，并与美国空中研究与发展司令部（USAF Air Research and Development Command，简称 ARDC）协作，研制一种海军编号为 KDA-1 的“火蜂”

靶机。但真正的发展工作是在战后，直到 1951 年 3 月，无动力装置的“火蜂”靶机才进行滑飞试验。同年夏天，在美国霍洛曼航空发展中心（USAF Holloman Air Development Center）正式试飞成功。由于设计成功，1953 年后便开始成批生产，在不长的时期内，便有 1 280 架早期的“火蜂”机 Q-2A 与 KDA 型在美国三军和加拿大皇家空军中服役。至于后来的改进型 BQM-34A 型“火蜂”，直到 1958 年 12 月 19 日才首飞成功，1960 年 1 月 25 日第一架生产型试飞成功，随即投入大批量生产。1969 年 12 月瑞安航空公司改名为特里达因·瑞安航空公司（Teledyne Ryan Aeronautical 简称 TRA），到 1984 年 1 月 1 日为止，在武器系统与目标特性研究、发展、试验、鉴定、质量保证、训练以及美国三军与外国的年度演习中，该公司共提供了近 6 500 架“火蜂”靶机。

这个时期中，还有美国无线电飞机（Radioplane）公司生产的 OQ-19 亚音速中低空靶机；比奇飞机公司（Beech Aircraft Corporation）为海军生产的 MQM-39A 靶机（陆军编号 MQM-61A）以及 AQM-37A 靶弹。后者于 1961 年 5 月 31 日在加州默古角海军导弹中心试飞成功，到 1984 年 1 月共生产了 3 700 多枚。与此同时，以美国斯佩里公司（Sperry Co.）为代表的厂商把一些退役的军用飞机改装成遥控全尺寸靶机。

第二次世界大战后，导弹的发展促进了靶机的研究与发展。1947 年，英国政府将准备发展一种高性能靶机的意图通知澳大利亚政府，委托其研制。不久便提出一种喷气靶机的设计方案，即后来颇负盛名的“金迪维克”（Jindivik）靶机（原型 MK1）。该机 1952 年首飞，其改型 MK2 于 1953 年试飞成功。它的外形、发射方式与我国“长空一号”靶机很相似。

这个时期，法国在纳粹德国 V-1 型飞航式导弹基础上也研制出一种 CT.10 型喷气式靶机，它们在外形上很相似。到 1954 年又设计出一种改进的 CT.20 型靶机，体型较小，但速度要大得多。1957 年，法国又研制 CT.41 型超音速靶机，它实际上是一种靶弹。

50 年代中后期，意大利的米梯尔（Meteor）公司也发展了一种 P.1 型活塞发动机靶机，其后又经改进为 P.2 和 P.X 型靶机，它们与美国 OQ-19 靶机很相似。其他如日本、荷兰也开始研制自己的靶机。

1.2.3 充实完善阶段

从 60 年代初到 70 年代中期，包括靶机在内的无人机研制处于改进、批量生产和大规模试验工作阶段，重点是对靶机的光电特征进行测试与模拟。某些靶机经过简单改装而成为无人侦察机，“火蜂”机便是它们的典范，由“火蜂”靶机改装成其他用途的无人机族见图 1.2。

在这个阶段，我国无人机开始起步。我国的靶机以北京航空航天大学、南京航空航天大学 and 西北工业大学三所大学为支柱，发展了一些系列无人机型号。1962 年，西北工业大学研制成 B-1 型（01 型）小型无人机，1970 年研制成 B-2 型（BJ7104 型）训练靶机（现仍在使用中），后又研制出多种型号；南京航空航天大学于 1968 年接受研制“长空一号”喷气式靶机任务，1976 年 12 月正式设计定型；北京航空航天大学于 1965 年开始研制“靶六”高空高速靶机，1966 年因故中断，直到 1977 年 7 月又重新开始研制工作。

1.2.4 全面发展阶段

从 70 年代末到 80 年代末，是包括靶机在内的无人机大发展阶段，全世界约有 20 多个国家，百余家公司研制出 200 多种型号，已装备的产品总量达几万架。其中无论在型号品



图 1.2 美国特里达因·瑞安航空公司的“火蜂”无人机族