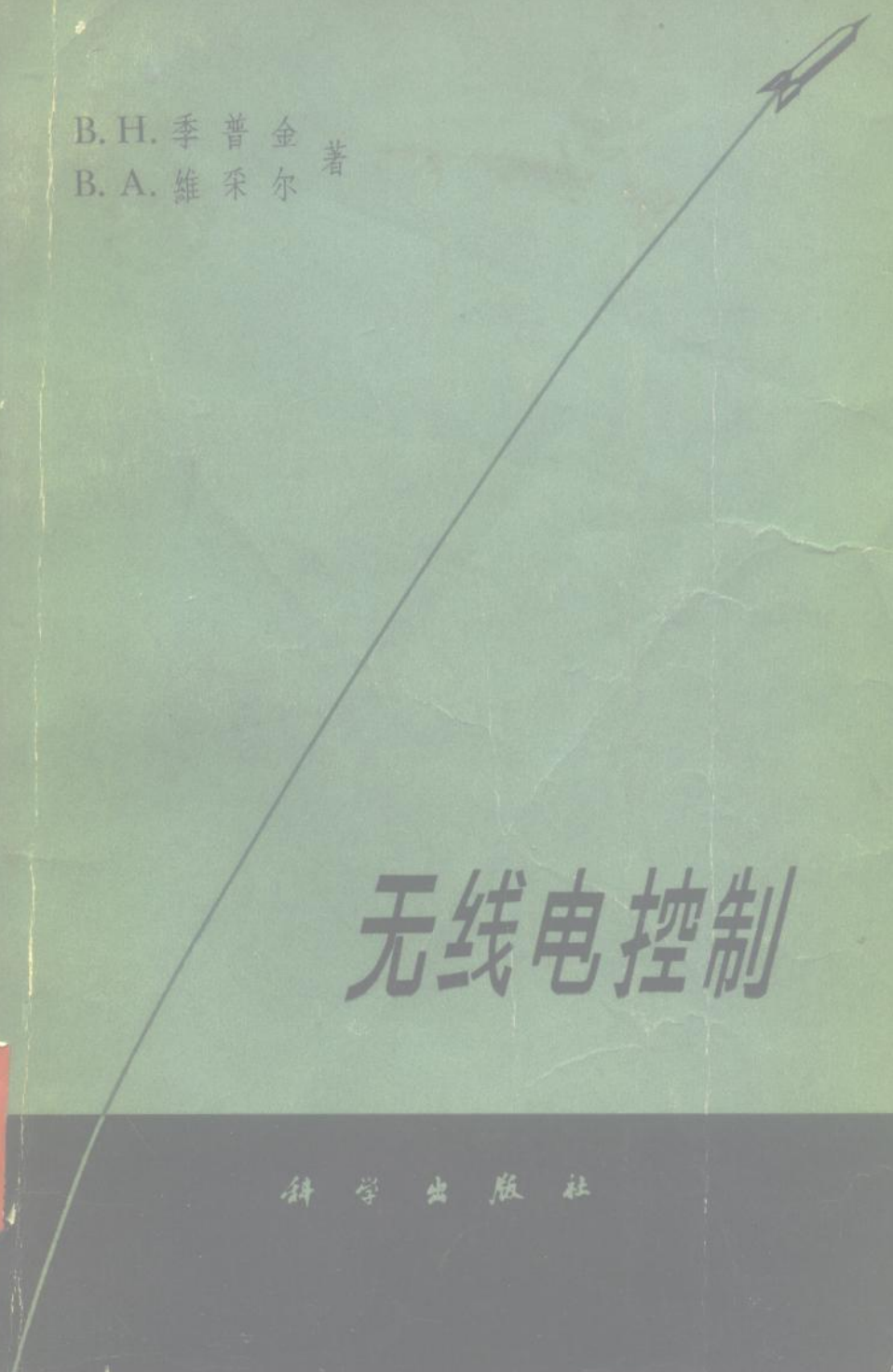


B. H. 季 普 金 尔 著
B. A. 維 采 尔



无线电控制

科学出版社

无 綫 电 控 制

B. H. 季普金 著
B. A. 維采尔

张成明 燕公韜 譯

馬积明 刘志万 欧阳长月 校

科 学 出 版 社

1965

В. Н. ТИПУГИН, В. А. ВЕЙЦЕЛЬ

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ

“Советское Радио”, Москва, 1962.

內 容 簡 介

本书討論了用于各类导弹控制系統的无綫电电子设备的理論和計算問題。

討論时，考虑到无綫电电子设备作为控制系統閉合調节迴路中的几个环节（无綫电环节）的工作特点，十分重视分析无綫电环节的传递函数和估算无綫电控制的精确度。特别是討論了由于干扰对无綫电通道的影响以及由于干扰和其他因素所引起的无綫电环节传递函数的变化而形成的导引誤差。

本书还介紹了无綫电工程师最必需的有关导引方法、导弹飞行軌跡和飞行动力学方面的知識。其中有一章还研究了供导弹传递信息的无綫电遙測系統。同时也列举了許多具有不同的調制方法、通道划分方法以及各种測量結果記錄方法的无綫电遙測系統的計算誤差的例子。

本书为高等院校相应专业的教学参考书，也可供在无綫电控制部門工作的无綫电工程师使用。

本书对与研制控制系統有关的非无綫电专业人員也是有益的。

*

*

*

本书由张成明、燕公韜翻譯，其中四、五、六章由燕公韜翻譯，其余各章由张成明翻譯。在初譯稿的修飾过程中朱銀妹、竹志年、袁則貴三同志也参加了工作。

无 綫 电 控 制

B. H. 季普金

[苏] B. A. 維采尔 著

B. A. 維采尔

张成明 燕公韜 譯

馬积明 刘志万 欧阳长月 校

*

科学出版社出版

北京朝阳門內大街 117 号

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

*

1965 年 4 月第 一 版 开本：850×1168 1/32

1965 年 4 月第一次印刷 印张：18 7/8

精裝，0001—4,050 插页：3

平裝，0001—2,950 字数：496,000

统一书号：15031·172

本社书号：3130·15-7

定价：[科六] 精裝本 3.30 元
平裝本 2.80 元

前 言

为了解决动力、工业、运输业、特别是军事方面的各种問題，利用各种无綫电通道的遙控及遙測技术愈来愈得到广泛的应用。

在这些問題中，远距离控制不同对象的运动——首先是控制无人駕駛飞行器的运动，是最复杂和最新的問題之一。解决无人駕駛飞行器的控制問題，要采用一整套复杂的各种不同的技术設備。这些設備的总合称为控制系統。

无人駕駛飞行器上各种量值的无綫电遙測是与控制問題密切关联的。

綜合应用初看起来很少联系的各种不同的科学領域的成就，是設計現代控制系統的基础。这些科学領域，包括有空气动力学、热力学、气体动力学、材料力学、燃料化学、弹道学、自动調節理論、信息論、邏輯机理論、无綫电物理学、无綫电技术、电子学等等。

总的說来，可以将控制系統理論看作是工程控制論的一个分支。

在現代控制系統中广泛地采用各种类型的无綫电通道、无綫电綫和无綫电系統(各种不同的无綫电通信綫、无綫电导航通道和系統、无綫电測向和无綫电定位通道以及无綫电电视綫)。

无人駕駛飞行器运动的控制技术，要比一般理解的运动技术所包括的課題和問題更为广泛，在运动技术中仅限于討論传递各种指令而不考虑反饋。

在控制系統中应用无綫电技术設備的特点在于，这些設備是作为控制系統閉合調節迴路中的几个环节。

整个控制系統的技术特性都与无綫电設備的技术特性有着不可分割的联系。这些設備各主要参数的任何变化，原則上都不可避免地会引起整个系統某些参数的变化。因此，在設計无綫电控制系統时无綫电設備时，应首先将这些設備作为閉环調節系統的

几个环节来研究。这种研究是本书的主要任务。

到目前为止,有关无人驾驶飞行器的控制问题,已经出版了一系列的著作。这些著作都试图对研制控制系统时所积累的丰富经验加以总结。其中最主要的有下列作者的著作:Л. С. 古特金(Гуткин)^[8]、А. С. 洛克(Locke)^[12]、В. А. 费奥多西耶夫(Феодосьев)与Г. Б. 西年列夫(Синярев)^[19]、F. 穆列尔(Müller)^[13]、А. С. 凯勒仲(Кельзон)^[27]、G. 梅利尔(Merrill)、H. 戈德堡(Goldberg)、R. H. 赫姆霍兹(Helmholtz)^[38],除此之外还有许多论文、小册子、评论以及某些书中的个别章节也讨论了无人驾驶飞行器的控制问题,例如文献[21, 28, 37, 39, 45, 46, 51, 53, 55, 62, 67, 68, 69, 70]。

在控制系统中应用无线电技术方法的问题,在Л. С. 古特金的著作^[8]中已有深入的研究。这是按照上述方法写成的第一本著作。然而在目前还没有一本教学参考书或著作,能够对无人驾驶对象控制系统中的各种无线电技术设备的特征以及这些设备的设计方法给予完整的概念。

本书就是试图尽可能地弥补这一缺陷。

所有已发表的著作的特点在于都是论述用于军事技术中的控制问题,因此,无线电技术设备的设计问题总是和实用的军事问题联系在一起。

本书所有涉及到的设计方案、技术和战术特性及其评价的具体例子,都是以外国技术文献为依据的。在许多地方,对在无线电控制线中应用现有各种不同用途的无线电技术设备的问题也进行了讨论。

这种研究也是以各种外国资料为依据进行的。所用到的文献目录列于书末。

作者希望本书能使无线电专业人员获得关于在无线电控制系统中应用无线电设备的基本特征,以及设计这些设备的初步方法的完整概念。此外,本书可供研制控制系统有关的邻近学科的专业人员获得关于用以建立无线电控制和无线电遙测系统的现代无

綫电技术的基本技术方法的具体概念。

在书中,凡不属于无綫电技术方面的問題,只要不至曲原理,都尽量簡化叙述,以便无綫电专业人員易于了解。

无綫电技术特性的問題,基本上都是根据綫性或准綫性的近似方法討論的。仅仅当綫性化使問題在原理上发生出入时,才考虑其非綫性。

在写本书时,作者所使用的数学工具基本上未超出高等技术学校的数学教程范围(作者认为在該教程中应包括有概率論与随机过程的理論基础以及諧波分析与运算微积基础)。

总之,在写本书时,考虑到讀者除熟悉高等数学的基本部分外,并掌握无綫电技术基础、信息論基础、綫性自动調节理論基础以及現代计算机与模拟装置的基本工作原理。

必須指出,在 A. H. 舒金所著“被控制飞行体的动态和起伏誤差”一书中,已經从自动調节理論出发,論述了許多有关对象的控制問題。該书是在本书排印时出版的。

作者深深感謝本书的技术編輯、技术科学副博士 Ю. X. 維尔米舍夫(Вермишев),他在編輯过程中提出了許多宝貴的意見;作者也非常感謝所有对本书手稿提出建議的其他同志。

作者

目 录

前 言	iii
-----------	-----

第一章 导弹控制原理.导引方法

1.1. 无人驾驶飞行器的无线电控制.控制方法	1
1.2. 导引方法.飞行軌跡	9
1. 将导弹引向目标的阶段	9
2. 对飞行軌跡的要求.导引方法的分类	10
3. 平行接近法	15
4. 追逐曲綫法	18
5. 重合法	20
1.3. 导引誤差与目标杀伤概率.脫靶量	23
1. 确定目标杀伤概率的因素	23
2. 两点法导引时,对控制系统精确度的要求	26
3. 三点法导引时,对控制系统精确度的要求	29
1.4. 控制机构与动力传动装置.直角控制与极式控制	35
1. 控制机构	35
2. 动力传动装置	38
3. 控制信号与控制机构的配合元件	40
4. 直角舵控与极式舵控.控制指令与指令信号	43
5. 关于导弹自动稳定装置的某些知識	51
1.5. 自主控制	53
1. 自主控制方法的分类	53
2. 利用与地球交連的定向标的程序控制系统	55
3. 天文导航系統	56
4. 程序慣性控制系统	58
5. 組合自主控制系统.自主导引最后阶段的控制	61

第二章 无綫电控制与无綫电观测的方法

2.1. 无綫电控制通道与无綫电控制綫,无綫电控制方法	63
1. 无綫电通信通道与无綫电通信綫	63
2. 无綫电控制通道	67
3. 控制指令的形成	69
4. 无綫电控制的方法	74
2.2. 从控制站对导弹的无綫电观测	86
1. 导弹无綫电观测装置所解决的問題,基本定义	86
2. 观测导弹的无綫电系統和无綫电通道	90
2.3. 目标的观测方法不同时,某些无綫电控制系統的 功能图	94
1. 目标无綫电观测方法的分类	94
2. 从控制站对目标雷达观测时,某些无綫电控制系統的 功能图	95
3. 从弹上观测目标时,无綫电遙控系統的功能图	99
2.4. 座标系統“扭轉”的概念	103

第三章 “地-地”导弹无綫电控制系統举例

3.1. 問題的提出	107
3.2. 无綫电控制系統的作用原理	110
1. 側向控制系統	110
2. 使导弹轉入俯冲状态的无綫电系統	118
3.3. 作为自动調节系統的側向控制系統	123
1. 控制迴路及其环节	123
2. 导弹的传递函数	125
3. 运动学环节的传递函数	130
4. 无綫电綫的传递函数	132
5. 控制迴路的传递函数	137
3.4. 側向控制系統中,由无綫电綫所确定的导引誤差的 某些分量	138

第四章 无线电控制系统的结构和设计的一般原理

4.1. 无线电控制系统的总结构图及其各环节	151
1. 作为闭环自动调节系统的无线电控制系统的特点	151
2. 无线电控制系统的主要环节及其传递函数	155
3. 无线电控制系统闭环调节回路研究方法的有关概念	161
4.2. 控制误差	162
1. 控制误差的一般特性	162
2. 无线电控制环节所确定的控制误差	166
4.3. 无线电运动系统	173
4.4. 作为无线电控制系统部件的无线电技术设备	
设计的基本特点	176
1. 无线电环节的输入量和输出量. 无线电环节的频率特性	176
2. 对控制系统无线电设备的战术使用要求	178
3. 关于无线电技术设备设计程序的一般意见	179
4.5. 关于模拟方法的基本概念	180
1. 模拟原理	180
2. 弹体的电子模拟器	182
3. 无线电波区的电子模拟器	188

第五章 用于控制系统和遙測系统的无线电綫中的 基本調制方法

5.1. 引言和分类	193
5.2. 具有脉冲副載波的調制方法	195
1. 副載波脉冲振幅調制与載波調幅(ЛИМ-АМ)	195
2. 副載波脉冲時間調制与載波調幅(ВИМ-АМ)	200
3. 脉冲宽度調制(ШИМ)	204
4. 副載波脉冲电碼調制和載波調幅(КИМ-АМ)	211
5.3. 具有連續副載波的調制方法	212
1. 副載波頻率鍵控和載波調幅(ШИМ-ЧМн-АМ)	212
2. 副載波頻率电碼調制和載波調幅(КЧМ-АМ)	221
3. 无线电波区控制时信号的調制	224

第六章 无綫电遙測系統

6.1. 无綫电遙測原理	227
1. 无綫电遙測系統的用途和对該系統的基本要求	227
2. 无綫电遙測系統的总方框图, 系統的基本部件及其特性	228
3. 无綫电遙測中的传感器	233
4. 无綫电遙測的主要測量誤差	236
6.2. 頻分通道的无綫电遙測綫	238
6.3. 起伏噪声对頻分通道无綫电綫的作用	241
1. 引言	241
2. AM-AM 无綫电綫	241
3. 存在噪声时調頻波的解調	245
4. AM-ЧМ 无綫电綫	248
5. ЧМ-ЧМ 无綫电綫	251
6.4. 頻分通道无綫电遙測綫中通道間的干扰	253
1. 通道間的干扰的主要类型	253
2. 交叉干扰	253
3. 相邻通道間的干扰	259
6.5. 滞后的回波信号在載波調頻和調相的无綫电 遙測綫中所引起的畸变	260
6.6. 时分通道的无綫电遙測綫	269
1. 无綫电綫的方框图	269
2. 轉換器	273
3. 記錄方法	276
6.7. 起伏噪声对时分通道的无綫电遙測綫的作用	282
1. 引言	282
2. 在 ШИМ-AM 无綫电遙測綫中的噪声誤差	282
3. 在 ВИМ-AM 无綫电遙測綫中的噪声誤差	291
4. 在 ШИМ-ЧМ 无綫电遙測綫中的噪声誤差	292
5. 在 АИМ-AM 无綫电遙測綫中的噪声誤差	294
6.8. 时分通道无綫电遙測綫中的通道間的干扰	297
1. 时分通道时, 通道間的干扰产生的原因	297

2. 第一类通道間的干扰	298
3. 第二类通道間的干扰	304
6.9. 几种主要无綫电遙測系統的比較	308
1. 无綫电遙測系統的有效性(效能)	308
2. 低效能无綫电遙測系統	309
3. 中效能的无綫电遙測系統	312
4. 高效能无綫电遙測系統	314

第七章 无綫电遙控系統和遙控綫

7.1. 无綫电遙控系統	316
7.2. 按前置導引的无綫电遙控系統	317
1. 系統的工作原理和設備組成	317
2. 控制計算機的工作原理及結構圖	320
3. 閉合控制迴路結構圖, 控制計算機的綫性化	323
7.3. 重合法導引的无綫电遙控系統	326
1. 向运动目标導引	326
2. 向固定目标導引	331
7.4. 无綫电遙控綫	332
1. 概述	333
2. 傳輸指令的两种基本方法, 定值指令和匀滑指令	333
3. 无綫电遙控綫方框圖	335
7.5. ШИМ-ЧМН-АМ 无綫电遙控綫	336
1. ШИМ-ЧМН-АМ 无綫电遙控綫方框圖及其作用原理	336
2. 无綫电綫主要参数的选择	338
3. 作为自动調节系統一个环节的 ШИМ-ЧМН-АМ 无綫 电綫	341
4. 无綫电綫接收設備固有噪声所引起的導引誤差	343
7.6. 具有脉冲時間調制[ВІМ(ІВК)-АМ]的无綫电 控制綫	351
1. ВІМ(ІВК)-АМ 无綫电綫方框圖及作用原理	351
2. 无綫电綫主要参数的选择	357
3. 接收設備所需灵敏度的确定	358

4. 脉冲時間碼組抑制概率允許值的選擇	364
7.7. 具有電碼調制的無線電控制綫	370
1. КИМ-AM 無線電綫方框圖和作用原理	370
2. 脉冲電碼調制的基本關係和某些特性	378
3. КЧМ-AM 無線電綫的方框圖和作用原理	382

第八章 無線電遙導系統和遙導綫

8.1. 無線電遙導系統	386
8.2. 無線電波束控制系統	387
1. 設備組成及作用原理	387
2. 控制迴路結構圖	392
3. 導彈發射段的控制	397
4. 前置法無線電波束導引時, 控制系統的作用原理和結構圖	399
8.3. 無線電波束控制的無線電綫	401
8.4. 無線電控制環節固有噪聲所引起的波束控制的 誤差	412
8.5. 等遲後面無線電遙導系統	417
1. 設備組成及作用原理	417
2. 控制迴路結構圖	423
3. 無線電環節所確定的控制誤差	425
4. 無線電接收設備固有噪聲所確定的控制誤差	427

第九章 自動導引系統及其無線電綫

9.1. 自動導引系統的种类	430
9.2. 向慢運動目標自動導引	432
1. 問題的提出	432
2. 自動導引時的運動學關係	435
3. 控制迴路結構圖	437
9.3. 自動導引系統的無線電環節	439
9.4. 向快速運動目標的自動導引	443
1. 運動學關係	443
2. 指令信號的形成方法	445

3. 指令信号形成方法不同时, 控制迴路的結構图	448
9.5. 具有扫描天綫的无綫电观测器	451
9.6. 单脉冲测向时, 目标无綫电观测系統的构成	
原理	455
9.7. 相位单脉冲目标无綫电观测器	460
9.8. 幅度-相位单脉冲目标无綫电观测器	463
1. 无綫电观测器的作用原理和方框图	463
2. 噪声干扰对目标无綫电观测器的作用	468
9.9. 自动导引时的最小和最大作用距离	472
1. 自动导引允許的最小距离	472
2. 主动和半主动自动导引时的能量关系. 自动导引的最大	
距离	474

第十章 弹道式火箭的无綫电控制, 宇宙火箭与 人造地球卫星

10.1. 引言	478
10.2. 弹道式火箭、宇宙火箭和人造地球卫星的飞行	
軌迹, 控制原理	480
1. 近程弹道式火箭	480
2. 椭圆軌迹, 宇宙火箭和人造地球卫星的軌迹	484
10.3. 弹道式火箭控制系統特性概述	489
1. 散布特性	489
2. 对距离的无綫电控制系統的要求	490
3. 对側向无綫电控制系統的要求	494
4. 对于把人造地球卫星引入軌道的无綫电系統的要求	499
10.4. 弹道式火箭軌迹的无綫电观测方法	503
1. 无綫电法观测軌迹的基本方法	503
2. 无綫电波传播特性所确定的測量誤差	505
3. 間接測量軌迹参数的无綫电系統中的基本关系	508
10.5. 直接測量弹道式火箭和宇宙火箭軌迹参数	
的无綫电系統	513
1. 相位測角系統	513

2. 時間脈冲系統	517
3. 多普勒系統	521
10.6. 彈道式火箭的無線電控制方法	526
1. 無線電控制通道	526
2. 無線電遠動通道	527

第十一章 無線電控制系統的有效性(效能)

11.1. 導彈系統的有效性和無線電控制系統的有效性	530
1. 武器有效性的概念	530
2. 確定導彈系統有效性的各種因素	531
11.2. 關於組織無線電干擾的方法與設備的某些知識	535
1. 有組織無線電干擾的分類	535
2. 調頻干擾	535
3. 瞄準干擾	536
4. 阻塞干擾	538
5. 轉發干擾. 未調制干擾. 噪聲干擾和脈沖干擾	539
11.3. 無線電控制系統的防干擾性	541
1. 防干擾性、抗干擾性與隱蔽性的概念	541
2. 無線電控制系統的抗干擾性	544
3. 提高抗干擾性的可能方法的概述	546
4. 輻射隱蔽性的估計	562
11.4. 無線電控制系統中無線電技術設備的可靠性	564
1. 可靠性的定義. 失效. 可靠性指數律	564
2. 控制站設備的可靠性	569
3. 彈上設備的可靠性	573
4. 無線電控制系統中全套無線電技術設備的可靠性	574
5. 備分	574
參考文獻	577
技術名詞索引	583

第一章 导弹控制原理. 导引方法

1.1. 无人駕駛飞行器的无綫电控制. 控制方法

应用无綫电技术设备进行远距离控制——即无綫电控制的研究工作，早在第一次世界大战以前就开始了。在这个时期应用无綫电来控制各种飞行器与舰艇的设计及实验的具体工作也已进行。第一次世界大战末，德国和法国进行了遥控飞机与舰艇的试验。在本世纪二十年代，特别是三十年代，在许多国家广泛开展了用无綫电控制飞机、坦克及海上对象（快艇与舰只）的试验工作^[9, 12, 13, 19, 28, 37]。但是一直到第二次世界大战开始以前，按实质说，无綫电控制没有真正得到应用。只是从四十年代开始，情况才急剧地改变了。在控制无人駕駛飞行器的领域内取得了特别大的成就。这是由于以下两种原因所致：

1) 在很多情况下，只有在广泛地采用无綫电控制的基础上，才有可能成功地应用在这以前制造出来的现代喷气武器；

2) 仅仅在四十年代前不久，才制造出检测被控对象与目标运动的有效工具(雷达)。

应当指出，装有喷气发动机的无人駕駛飞行器的研制略超前于实现控制所必需的雷达工具的研制。因此，最先得到实际应用的是从固定控制站向固定目标导引的无綫电控制的无人駕駛飞行器（1942年前制成的德国 A 系列远程火箭^[28]），或根据光学观测进行控制的无人駕駛飞行器（如第二次世界大战期间制造出来的在近距离上由飞机向庞大的地面和水上目标导引的滑翔鱼雷和滑翔炸弹）。只有在应用雷达的基础上，研制在实际中得到应用的无綫电控制的防空导弹和航空导弹才有可能。为了对付高速的喷气轰炸机，必须制造这种导弹。

在现代技术文献中，论述了用无綫电控制的各种类型的喷气

武器。許多作者称无人駕駛的可控飞行器为导弹。这一术语比較确切地反映了噴气武器的特征,因此,我們今后也采用它。

由于无綫电控制主要是用来保証噴气武器的有效性,因而有必要簡短地介紹一下噴气武器的特点。噴气发动机是构成現代噴气武器的基础。除滑翔式航空炸弹(魚雷)及能够校正弹道軌跡的可控航空炸弹外,这种发动机应用在所有的导弹上。

与活塞发动机相比,噴气发动机的最大优点首先是当它的尺寸小、重量輕时,可以得到相当大的功率和产生很大的推力,即很高的飞行速度。

空气噴气发动机与渦輪噴气发动机在工作过程中,需要从周围空气中得到燃料燃烧所必需的氧气。因此,这类发动机的工作高度大約不超过 20~30 公里^[23]。

相反,液体燃料噴气发动机不需要从周围介质中吸取氧气,与燃料一样,氧化剂也装在火箭內。因此,液体燃料噴气发动机可以在高空工作。它的缺点是燃料消耗率要比其他所有类型的发动机大好几倍。

导弹也可采用另一种发动机,它不需要从周围介质中吸取燃料燃烧所必需的氧气,这就是固体发动机。

液体燃料噴气发动机以及固体发动机統称为火箭发动机^[48]。

噴气发动机的特点不仅使得建立了現代噴气飞机,用帶有噴气发动机的导弹代替弹道式炮弹(高射炮弹、航空导弹、远程炮弹等),可以大大增加主要类型战术火炮的作用距离,而且噴气发动机的这些特性保証了建立新型火炮——远程火箭^[28]的可能性。并且,在空投魚雷上安装噴气发动机,可以大大增加投射距离。

应用噴气发动机可以获得非常高的飞行速度(达几甚至几十 $M^{1)}$),而且,能够以 $(10\sim30)g$ 的加速度达到这样的速度^[38]。因此,增大到必需的飞行速度所需要的時間不大(由几秒到几分钟)。由于噴气武器具有高的飞行速度,这样,一方面在飞行时

1) M ——馬赫数,等于物体的运动速度与声音在空气中传播的速度之比。

要消灭它就极为困难，另一方面也能有效地利用它来与空袭武器作斗争。

但是，只有在保证必需的目标杀伤概率时，喷气武器的优越性才能显示出来。决定目标杀伤概率的基本因素之一是命中目标的精确度或是向目标导引的精确度。在喷气武器所特有的大作用距离的情况下，实际上要保证所需的精确度，就必须在喷气武器飞行时，对它进行控制。解决飞行控制问题的最普通而又最有前途的方法之一，就是采用无线电控制。

应当立刻指出，无线电控制的应用与无线电控制通道的存在——在许多情况下，也和向目标导引过程中保证监视目标和导弹的无线电通道的存在有不可分割的联系。因此，原则上可以应用人为无线电干扰的方法来破坏无线电控制。这样就揭示出一个与无线电控制的喷气武器进行斗争的可能途径。所以，在研制喷气武器的无线电设备时，中心问题之一是保证足够高的防干扰性。保证防干扰性的问题在很大程度上确定了所用无线电技术设备的作用原理和设备的组成。

在许多文献（如[53, 71, 72, 74, 75, 76, 83]）中指出，除控制喷气武器之外，在控制人造地球卫星与宇宙火箭方面，无线电控制也起着巨大的作用。用无线电控制舰只、快艇、坦克、地雷场等等，实际上也是非常重要的。但是，喷气武器与宇宙火箭的无线电控制是最复杂的技术问题。因此，在本书中不再讨论应用无线电控制的其他可能情况。

按其飞行条件，导弹可以分为两类：飞航式导弹（有翼导弹）和火箭^[46]。

主要利用弹翼的升力来保证飞行的导弹称为飞航式导弹。因此飞航式导弹（图 1.1 a）具有较大的弹翼。在飞航式导弹上可以装置各种类型的喷气发动机。

严格地说，应当将装有火箭发动机的任何炮弹称为火箭，但是在本书中，所应用的“火箭”概念是比较狭窄的。所谓火箭就是指这样的导弹：首先，它装有火箭发动机；其次，它的飞行由其弹道特