



〔美〕哈尔·赫尔曼 著

新 时 代 出 版 社

导弹是怎样飞向目标的？

导弹是怎样飞向目标的？

〔美〕哈尔·赫尔曼 著

叶锡琳 董其昌 译

新时代出版社

内 容 简 介

本书叙述了导弹的一些基础知识和基本原理。书中重点叙述了导弹的制导原理和各种制导方法，也介绍了制导元件和设备。

本书文字生动活泼，通俗易懂，内容深入浅出，并附有各种插图。适合于具有中等以上文化程度的广大读者阅读，也可供相近专业的科技人员和工人参考。

CONTROLLED GUIDANCE SYSTEMS

Hal Hellman

Howard W. Sams & Co., Inc. 1967

导弹是怎样飞向目标的？

〔美〕哈尔·赫尔曼 著

叶锡琳 董其昌 译

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 6.625印张 137千字

1982年6月第1版 1982年6月北京第1次印刷

印数：0,001—6,800册

统一书号：15241·5

定价：0.55元

序

人们已经设计了巨大的火箭和制导系统,乘它离开地球,安全而准确地飞到另外一个遥远的星球上去。所以,这个系统不仅要使飞行器飞达另外一个星球,而且必须随时知道它自己所处的位置,不断地调整飞行方向,以便按时而准确地到达宇宙空间的某一处。宇宙空间是没有地标可寻的,而且,所有的基准点都在不断地运动。这些问题,大多数都属于控制和导引系统研究的范畴,这些课题已很快地成为我们日常生活中的一部分。不久的将来,必然会成为人类必不可少的知识。

对于制导系统所涉及的基本领域,如弹道轨迹、双曲线制导、运动、移动、比例导航、天文导航和天文惯性制导等,本书都作了论述。学习其工作原理,运用特性,各种不同系统的设计,主动式和被动式等,都将大大地有助于我们研究航天时代导航和太空旅行的课题。从第二次世界大战时的V-2飞弹,发展到今天使用科学尖端技术的火箭、导弹,不仅为天文惯性导航系统奠定了基础,而且也未来宇宙空间的探索指明了方向。

为了帮助读者增强对书中所述内容的认识,书中每个专题和每章末尾,都附有一组习题和其答案。最后的总测验,是为了检查读者在读完这本书以后的综合理解能力,同时也是一次总复习。

前 言

这本经过深思熟虑写成的书，旨在使读者掌握一个重要的领域——导弹的控制导引系统。本书通俗易懂，从飞机和一些简单的导弹基础知识讲起，循序渐进到很复杂的宇宙飞行和洲际弹道导弹的新式制导系统。

读了这本书，你会了解导弹不是什么新东西，只不过是几百年来老器件经过不断地改进后的产物。由于应用了近代发展的计算机，电子设备和伺服机构，使得庞大的制导系统变得甚为复杂。但其凭借的基本原理仍是同样的。为了帮助你学习，书中附有插图，包括许多电路图和方块图，近200幅。

从这本书学到的知识，可为工厂或外场的维修和排除故障工作奠定一个很好的基础。同时，也为进一步深造创造了条件。

另一方面，如果你目前正从事某项制导技术的研究，例如雷达制导或惯性制导，本书所介绍的广泛知识，对你仍然是有价值的，因为通过它，能了解你所研究的设备在整个方案中所处的地位。同时，对你自己所从事的工作领域也有一个正确的认识。

学 什 么

这本书开头两章是入门，讲了一些必要的背景知识，说

明了可控导弹与不可控火箭的区别，介绍了导弹各个组成部分，列举了一些影响导弹控制和导引的因素。第三章介绍了导弹制导系统中所使用的各种不同机构。最后四章，叙述了各个系统，不但介绍了现已使用的系统，而且还介绍了正在设计的系统。这几章专门介绍了无线电、雷达和自动寻的制导；最后还介绍了远程系统，如地面基准（地标）导航、惯性导航和天文导航。

必须具备什么知识才能学习本书

事实上，对书中每个术语，都已做了必要的解释，而数学推算已控制到最少程度。尽管如此，这本书毕竟还不是物理或电子学的入门书，我们还是认为读者已经具备了一些初步知识。因为读者既然对导弹制导系统感兴趣，不大可能没有电和机械原理的基本知识。例如读者至少已经熟悉这样一些术语，如力、传导、阻力（电阻）和发射（无线电发射），这是理所当然的。虽然如此，本书还是自成体系，任何人只要愿意学习，经过认真钻研，都是可以理解和掌握的。

为什么选择课本式的文体

过去几年，在大纲式讲授方面，发展了一些新的学习概念。虽然，对教科书的各种格式文体进行了辩论，但证明大纲式本身还是正确的。现在看来，许多教育工作者都同意必须发展大纲式的讲授，以适应教授某个特定题目的需要。为了帮助读者学好这本书，现将大纲式的文体简要说明如下。

为了便于学习，每章按内容顺序分为若干小节。有些小节很短，有时甚至只有一句。也有些可能包括几小段。其长

短取决于要说明概念的性质和读者对那个问题已经具备的知识。

正文计划每节一千字左右，包括一个或几个概念，并用插图补充说明所述的内容。自我测验的习题列在每节的末尾。其中有许多习题是陈述式的，要求用一个词或几个词填充空白，有的习题要求在各种答案中选择，有的习题要求用简练的文字说明。答案全部列在习题下面，以供校核，同时也检查了读者前面学习的情况。如果读者的回答和书上给出的答案不一致，则必须重新学习，并要搞清楚为什么错了。这种问题与答案的编排，显然能保证读者尽快地掌握和消化学过的东西，获得进步。

应该如何学习

自然，一个好的学习习惯是很重要的。每天必须保持一定的时间，在一个能聚精会神不受干扰的地方学习。选择精力最旺盛而才思敏捷的时候来学习。

这里有几点建议，读者也许会认为对学好这本书有所帮助。

1. 仔细研读课文中每个句子。这里没有一个无用的单词或词组，每句都提出或论证一个观点，这对于理解电学和电子学更为重要。

2. 在读到或遇到插图时，读者应读完全句，然后立即研究插图，对其含义要心中有数，认真研究，因为精心设计的插图有助于对主题的理解。

3. 在每一小节之后，有一个或几个习题，要求解答。其中有些要求填充空白。回答问题时，重要的是要自觉地将答

案写在书上或纸上。因为实际写出答案比仅仅思考答案的记忆深刻得多。写出答案并非繁琐，因为许多答案都很短。

4. 在阅读下节以前，先回答本节所有的问题，并检查答案的正确与否。必要时可参考曾经读过的资料。如复习完有关文章之后，仍不能回答，则先答完其余的问题。如果略过的问题仍没有找到答案，则查阅答案。

5. 如果读者发现自己所作的答案错了，则翻回到书中有关的段落或页数上，重新学习。知道问题的正确答案并不是最重要的，而更重要的是了解到它为什么是正确的。每节新内容都是以先前学过的知识作为基础的，如果整个学习过程中出现了薄弱环节，则会为以后的学习增加困难。

6. 认真研究每章末尾的摘要和问题。这个复习不仅有助于读者检查每章学到的知识，而且还巩固了这些知识。读者在遇到不完全理解的问题时，则应在学习下一章之前重新阅读有关章节，重新检查问题和答案。

7. 要完成本书末尾的最后总测验。这个测验不只是复习了书的全文，而且能检查读者学过的知识，发现不足之处，以便复习。

本书的内容曾经慎重选择，通俗易懂。自然，如果你想从这本书中，获得最大的裨益，则需要尽一定的努力。如能接受上述建议，那么你的辛勤努力就会得到良好的结果，你的学习将是愉快而饶有兴味的。

目 录

第一章 绪论	1
导弹是什么	1
无控火箭弹	2
可控火箭弹——导弹	4
导弹的组成	6
问题摘要	21
第二章 影响导弹导引和控制的因素	24
在地球范围内	24
空气动力	27
加速度	29
导弹速度	31
问题摘要	33
第三章 导弹的制导装置	36
控制系统的性质	36
导弹制导系统各部分的功用	43
典型的导弹制导系统的组成元件	45
指令信号的敏感元件	55
导弹的制导方法	69
问题摘要	78
第四章 无线电制导	82
无线电波	82
组成	89
双曲线导航系统	107
问题摘要	109

第五章 雷达制导	112
雷达指令制导	112
脉冲的调制	116
遥测技术	125
波束制导	130
问题摘要	143
第六章 寻的制导	146
寻的制导种类	146
寻的信号源	152
导弹的弹道	166
问题摘要	170
第七章 远程制导系统	173
自备系统	173
地面基准导航	173
预置程序制导	180
惯性制导	184
天文导航	188
问题摘要	193
总习题	197

第一章 绪 论

内容提要：本章论述了导弹的基本概念。历史表明导弹并不是不可思议的怪物，它只不过是我們所熟悉的事物向前发展的产物。文章还论述了导弹的种类及其组成。

导弹●是什么

一百万年以前，一些聪明能干的穴居人，就懂得使用棍棒和石头之类的东西做为武器去扩张其势力范围。后来又发展到如何投掷这些东西去进一步扩大疆域。

第一枚飞弹就是这样应运而生的。虽然在漫长而悠久的岁月中飞弹的形式变化很大，但基本上总可归结为两类：棒和石。标枪、弓箭、子弹和近代的导弹都属于棒类；旧式炮弹●和石弩炮发射的漂石都属于石类。这两类飞弹的主要区别在于，棒类不允许两端翻滚，而石类是可以的。因为空气阻力对棒类影响较小，所以棒类飞得更快、更远、更准。

第一次重大变革发生在中国人使用黑色火药火箭的公元十三世纪。装有自动推进装置的飞弹威力大而射程远。顾名

● Missile一词总的概念是指发射物（包括导弹、飞弹及弹丸等）。导弹是指其飞行路线可控的，而飞弹却不尽然。在本章“导弹是什么”和“无控火箭弹”两节中“missile”是指无控制的发射物——飞弹。为了便于读者阅读，我们将无控制的发射物，译为“飞弹”或火箭弹。——译者

● 指古代使用的装火药的不装火药的实心铁弹。——译者

思义，飞弹是一种可以向目标投掷、发射或推进的物体。

无控火箭弹

虽然发明火箭的功绩应归功于中国人，但它长期以来却是一个完全不能实用的武器。它可能在使用者面前爆炸，就像它击中目标时那样。因为，尽管增大了推进力，但火箭仍是不可控制的。它能瞄准目标，但无法控制它的飞行路线。

如图 1-1 所示，无控火箭弹瞄准时的一点误差在飞抵目标时可能增大几倍。例如仅仅是 1° 的瞄准误差，经过 60 英里的飞行后，会使火箭偏离目标达 1 英里之远。射程越远则脱靶距离越大。

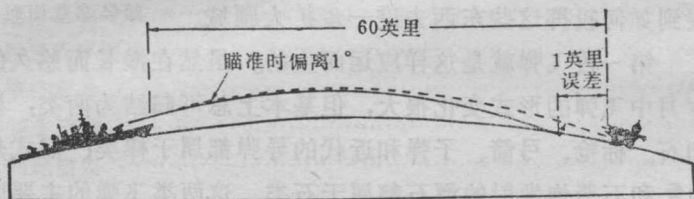


图1-1 瞄准时一点误差经过远距离飞行后增大了许多倍

飞弹的瞄准

凡弹射体，不论是棒球、子弹或火箭，主要的都作用有三种力，即：①本身惯性力——使物体保持固有状态；②空气阻力——使物体运动减缓；③重力——使物体落地。

每个来福枪手都知道他在射击时必须瞄准目标的上方。目标越远，瞄准点距目标越高。这不是出自对空气阻力、横向风和其他一些因素的考虑，而是因为子弹以常速飞到目标时势必下降一定角度，而这角度恰等于瞄准时有意提高的角

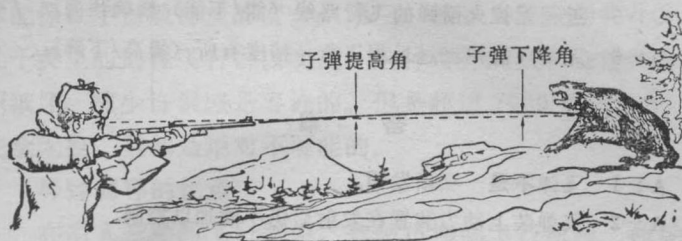


图1-2 自由飞行子弹的弹道轨迹

度。其飞行路线呈抛物线形（见图1-2）。

子弹飞行的路线有时称为弹道轨迹。弹道轨迹容易求算。在理论上它是完全可以预计的。

正因为导弹的飞行轨迹可以预计，所以我们完全可以指望击中某些目标，其中许多甚至是看不见的。但问题在于如何进行准确射击。

若射程在几英里范围内，炮手们完全可以射击得极为准确。又如第二次世界大战时，曾大量使用从地面和空中发射的自由飞行火箭。

假如射程达到几十、几百甚至几千英里，无控火箭弹便失去效用。原因之一是图 1-1 中所示角度影响更为严重。另外，也要考虑地球的曲率和自转。再如推进剂的不均匀燃烧，导弹的不理想外形和横向风等问题都有重要影响。

习 题

- Q1-1 飞弹（是/不是）一项新发明。
- Q1-2 飞弹装上动力装置在发射后（便能/仍不能）加以控制。
- Q1-3 距目标越远，初始瞄准的误差影响（越大/越小）。
- Q1-4 无控火箭弹的飞行路线有时称作_____。

- Q1-5 近程无控火箭弹的飞行路线（能/不能）精确预测。
 Q1-6 无控火箭弹经过远程飞行，精度有所（提高/下降）。

答 案

- A1-1 飞弹**不**是一项新发明。
 A1-2 飞弹装上动力装置在发射后**仍不能**加以控制。
 A1-3 距目标越远，初始瞄准误差影响**越大**。
 A1-4 无控火箭弹的飞行路线，有时称作**弹道轨迹**。
 A1-5 近程无控火箭弹的飞行路线**能**精确预测。
 A1-6 无控火箭弹经过远程飞行，精度有所**下降**。

可控火箭弹——导弹

导弹是指其飞行路线由它所携带的装置进行部分或全程控制的一种飞行器。如图 1-3 所示，导弹的长度从 44 英寸（肩射防空导弹）到 363 英尺（土星 5 号空间飞行器）不等。



图1-3 长度从44英寸到363英尺的导弹

事实上，今天使用的许多导弹和火箭都是可控制的飞行器。这是由于以下几个原因。

第一，科学仪器设备、电子设备和自动控制技术的发展导致了一批批奇特的导弹飞行制导装置的出现。这些将在以后几章中讲解；第二，有人驾驶宇宙飞船的发展使得制导技

术能保证宇宙航行的安全；第三，核弹头的发展促使长达几千英里的远程飞行得以实现。这种奇异的武器会造成大面积破坏，故少许误差是容许的。但是超过 7000 英里航程，如完全无控，显然是绝对不可能的。

导弹制导的优点

在有人驾驶的飞行器中，驾驶员控制飞行航线。他凭借收集到的必要信息决定做什么，根据需要来改变航线。而在导弹中，则由无生命设备——导弹制导系统——代替驾驶员。因此，导弹能完成象第二次世界大战时期的日本神风号飞机^①那样的自杀性攻击任务。

无生命的设备还能探测到人们无法探测的射线，如红外线和无线电波。因此，导弹能在漆黑的条件下作战。

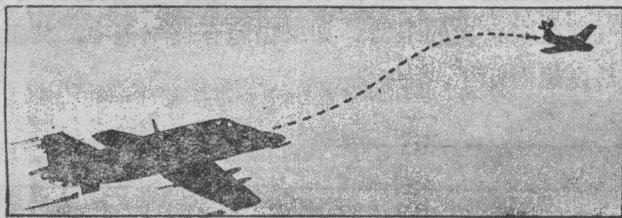


图1-4 红外寻的导弹追寻敌机排出的热

制导设备还能在人力所不能经受的诸如极冷、极热和毒气环境中工作。最后，导弹制导系统比人的反应快得多。

① 第二次世界大战末期，日本空军“神风”敢死队队员驾驶满载炸弹的飞机去撞击轰炸目标，企图与目标同归于尽，他们驾驶的飞机称为“神风号”。——译者

习 题

Q1-7 飞行路线部分或全程受控的飞行器叫做_____。

Q1-8 在导弹上_____代替了驾驶员。

答 案

A1-7 飞行路线部分或全程受控的飞行器叫做**导弹**。

A1-8 在导弹上**导弹制导系统**代替了驾驶员。

导弹的组成

为了便于学习，可将导弹分为 5 个主要部分(见图1-5)：弹体；动力装置；导引系统；控制系统；有效载荷。

弹体

如果在时速 60 英里的汽车上迎风摆手，就会深刻体验到空气产生多么大的阻力。如果在超音速气流中，其阻力之大更是可想而知了。

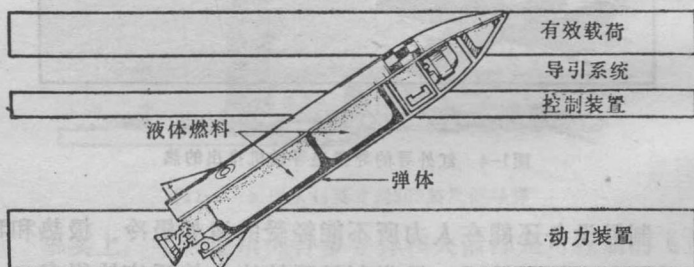


图1-5 导弹的组成

每个导弹实际上都要在大气层中飞行。在高速飞行时，空气象液体一样，作用在导弹上，导弹头部必然会分离

空气。

可是，在这个过程中，空气和导弹蒙皮之间的摩擦产生高热，经常达到 1800°F ，所以必须采取特殊措施来保护弹上的精密设备。

显然，导弹阻力越小，则产生的热量也越少。导弹无人驾驶，这显然有利于其设计成流线型，使阻力最小。图 1-6 显示了典型的喷气式飞机和导弹的差别。

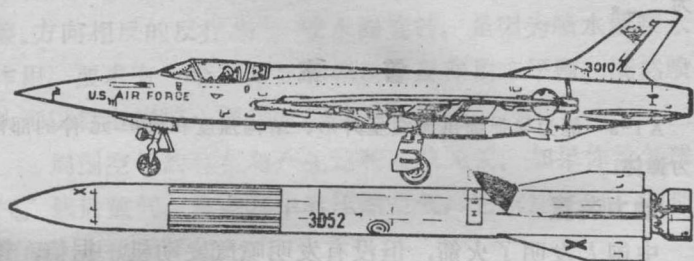


图1-6 典型的喷气式飞机和现代导弹的外形

由于导弹外形简单对称，因此许多在飞机上不能使用的工艺制造方法而在导弹制造上却完全可行，因为飞机外形有许多复杂曲线。导弹的简单的圆柱体外形使强度最大，重量最小。

对弹体的其他要求是要保护电子设备不受寒冷、雨水及尘砂的侵蚀。在某些情况下，弹体还要经受住导弹发射时产生的振动和冲击。这些振动和冲击是很强大的，而且是破坏性的。

正如所见，弹体还必须把各个部分极为合理地结合在一起（一枚执行复杂任务的导弹包含有 500,000 个零件）。还有