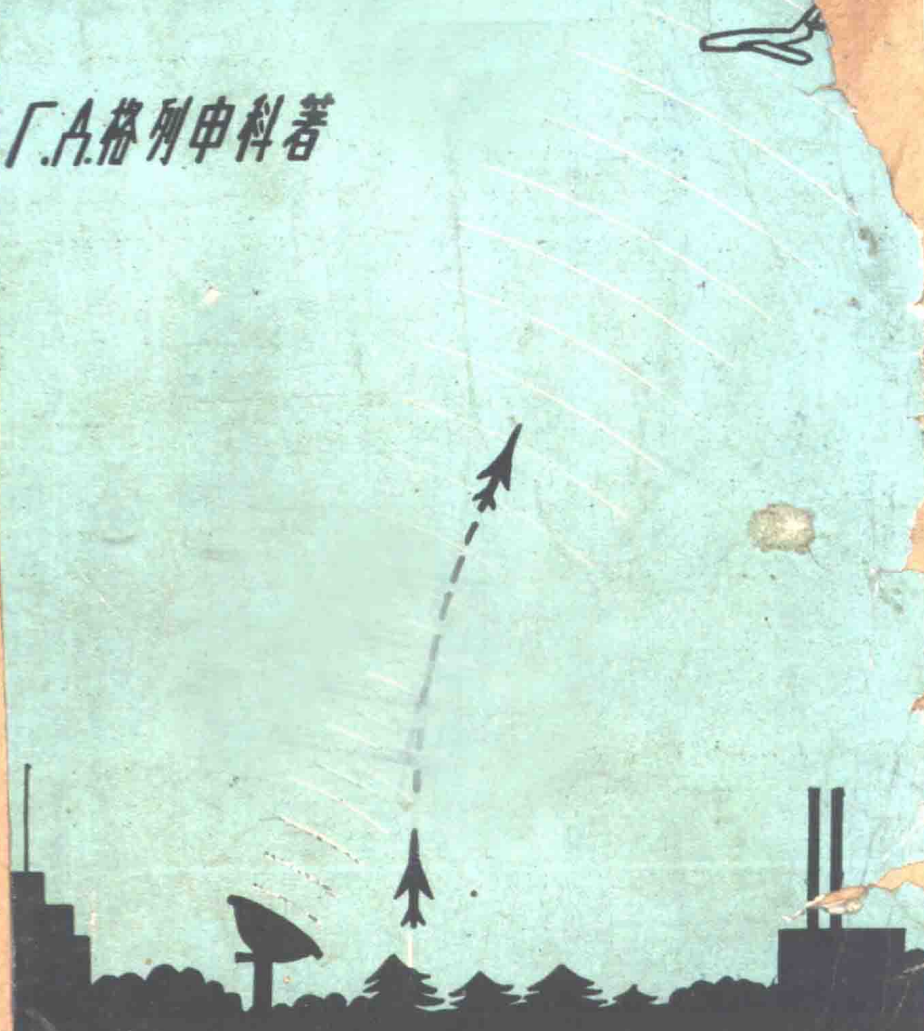


Г.А.格列申科著



导弹的控制

国防工业出版社

导 弹 的 控 制

[苏联] Г. Д. 格列申科著

吳永礼、燕公韜譯

周丕創校



國防工業出版社

1964

內 容 簡 介

本书以简单通俗易懂的形式概述了关于导弹控制系统的结构原理及其导引方法等问题。

根据国外书刊上已经发表的資料，本书对实际使用的和正在研制过程中的已知导引系统作了分类，说明了它们的作用原理、设备及其元件构造，并对各种系统的战术特性、准确度和作用距离作了一些研究。书中还列举了常见的各种导引系统，并指出这一军事科学技术的发展远景。

本书对于陆海空三军的军事人员，本专业的院校师生，有关工程技术人员均有一定参考价值，同时本书对于那些对本专业感到兴趣的人来说，也是一本有益读物。

УПРАВЛЕНИЕ РЕАКТИВНЫМИ СНАРЯДАМИ

[苏联] Г. Д. Крысенко

ВОЕНИЗДАТ 1960

*

导弹的控制

吳永礼、燕公韜譯 周丕創校

*

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

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

850×1168 1/32 印张 6 3/4 173千字

1964年6月第一版 1964年6月第一次印刷 印数：0,001—3,300册

统一书号：15034·734 定价：(科六)1.00 元

目 录

緒 言	4
第一章 導彈的主要部分	9
第二章 導彈的空氣動力布局。彈體外形對可控制性的影響	21
第三章 彈上控制系統	38
第四章 導引系統和控制系統的分類	56
第五章 導彈飛行動力學，導彈導向目標的方法及其可能的彈道	69
第六章 自尋的控制系統	85
§1 被動式紅外線自尋的系統	85
§2 主動式雷達自尋的系統	94
§3 半主動式雷達自尋的系統	105
第七章 遙控系統	112
§1 雷達波束導引系統	112
§2 指令導引系統	121
§3 電視指令系統	131
§4 無線電導航系統	139
第八章 自动控制系統	148
§1 磁性測量導引系統	148
§2 慣性導引系統	156
§3 天文導航導引系統	168
§4 無線電天文導航導引系統	175
第九章 复合導引系統	178
第十章 某些導彈的控制系統。火力配系的組織与結構	185
§1 地面分队裝配的“奈克”型兩級地空導彈	185
§2 地面分队用的“奧利康”型單級地空導彈	191
§3 装备海軍用的“獾犬”型兩級地空導彈	200
§4 “下士”，“紅石”和“雷神”三類彈道導彈	203
第十一章 控制系統的發展远景	210
参考文献	216

緒 言

在近十年內，由于自动学、电子学和噴气技术的蓬勃发展，世界各国陆、海軍部队装备上出現了一种新的威力强大的武器——導彈。早在第二次世界大战期間，導彈在軍事上便得到了应用。但是，从那时到現在，这一軍事技术学科已經大大地向前发展了，出現了各种类型和不同用途的導彈。在外国軍队装备中研制和采用的導彈，既能从地面发射站，也能从各种携带体（軍艦、潛水艇、飞机）上攻击各种目标〔地面的、空中的和海面上的（包括潛入水中的）目标〕。導彈已經成为一种通用武器。

導彈的射距范围很广，它可以运用于几公里（反坦克的導彈）到几千公里（洲际導彈）的距离。導彈与其他类型武器比較，它最突出的优点是能更有效的命中运动目标。今天，当軍队装备中出現了携带原子和核子武器的高速攻击武器的时候，導彈的这个优点就更为重要了。

由于安装在彈体内和彈体外大量的各种設備，使導彈得到了較准确地击中指定目标的能力，这些設備，我們称为導彈的控制系统。

導彈，是一种装有噴气发动机和特殊控制設備的无人駕駛飞行器；这些設備能够自动地引导導彈飞向目标，或在空間沿給定的軌迹飞行。除導彈外，在很多国家軍队装备中，还有一种可控制的炸彈，在这种炸彈里面沒有噴气发动机，它不屬於導彈。

導彈可以拥有如下各种不同的用途：战争中应用的（用于摧毁敌方軍事目标）；試驗用的（对研制出的導彈各元件进行有目的飞行試驗）；做可控制的靶机用的（用于进行射击訓練）；研究

用的（用于大气上层科学研究）等等。由于导弹的用途不同，它的空气动力特性、结构和控制系统亦有所不同。在本书中只研究与军事用途有关的导弹问题。

众所周知，所有的火箭弹（包括导弹），根据发射点与目标特性可以分为四种类型：“地对地”、“地对空”、“空对地”和“空对空”，而在每一类型中还可以再具体分类。

按照发射装置安装的具体地点（地面、军舰、潜水艇和飞机上）和攻击的目标（空中的、地面的、军舰及潜水艇），导弹可以再进行分类。

在“地对地”导弹中，除“地对地”以外，又包括“地对舰”、“舰对地”、“舰对舰”、“舰对潜水艇”、“潜水艇对地”、“潜水艇对潜水艇”[●]；在“地对空”导弹中，除“地对空”外，又包括“舰对空”；在“空对地”导弹中，除“空对地”外，又包括“空对舰”和“空对潜水艇”；在“空对空”导弹中不再分类。

有时候按照另一种分类方法把导弹分为四组：地面的（海岸的），地空的，飞机上用的和舰艇上用的。这里，“地面的”是指“地对地”导弹；“地空的”是指“地对空”导弹；“飞机上用的”是指由飞机上发射的各种导弹；而“舰艇上用的”则指由军舰上发射的所有可能类型的导弹。

上面列举的各类型导弹，按其已有的以及所使用的发动机型式和空气动力（或流体动力）的布局可区分为：飞航式导弹（带翼火箭）；弹道式导弹（不带翼火箭）；可控制炸弹和可控制喷气鱼雷。弹道式导弹的特点是它的飞行轨迹为弹道曲线。而飞航式导弹的特点是具有飞机的空气动力特性[●]。

根据导弹的战术用途，飞行条件及作用距离，它所利用的控

● 在这里，舰的意思指水面上的军舰和水面上的潜水艇，而潜水艇的意思指在水面下的潜水艇。

● 此段原文写的太噜苏，因此按原意已作了删改——校者。

制原理也就不同。本书将对导弹的控制原理加以研究和说明。

控制系统是整个武器（包括导弹在内）最重要的部分之一，导弹导向目标的准确程度完全由它的控制系统决定。

导弹的控制系统是一个复杂的自动遥控调节系统，也就是说，是一个闭环的随动系统。既然它是一个复杂的随动系统，那么可以把它设想为由很多环节或者很多较小的随动系统（回路）组成。

控制系统的完整结构方案，包括以下相互联系的系统 and 环节：导引系统、弹上控制系统、弹体、导弹与目标（运动的元件）间的运动学关系以及一系列其他回路。为了说明所提出各个系统及环节的职能和用途（图1），我们列举出以下有关的定义。

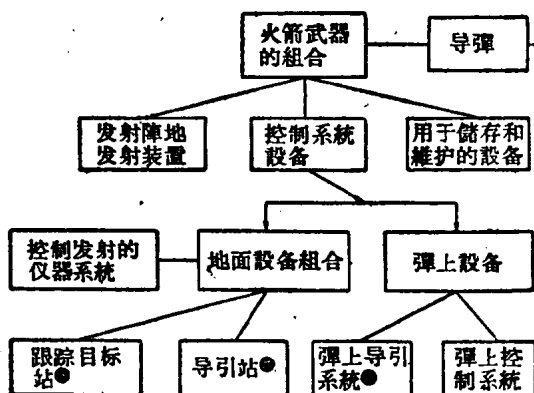


图1 火箭武器的组合方框图。

- 在导引远程导弹向地面目标时没有跟踪目标的设备。
- 在利用自动导引系统时没有地面站。
- 在自动导引系统中弹上导引系统的职能由程序装置来完成。

综合装置（或**导弹系统**），系指搜索和选择目标用的，发射和导引导弹用的与弹体上用的全部装置，以及用于储存导弹，装配导弹和使导弹进入发射状态用的全部设备的总和。

控制系统（图2），是导弹综合装置系统中最重要的一部分，

它控制发射装置，控制发射准备和发射过程中的导弹，以及使导弹导向目标。因而，在控制系统中包括有：确定导弹（或导弹携带器）与目标相对位置的設備，为算出导弹击中目标所必須的軌迹的計算設備，以及用于自动控制导弹飞行和直接保証其軌迹变化的設備。控制系統的各元件既可以装在导弹体内，也可以装在导弹的发射、控制設備中（如地面的、軍艦的、飞机的或其他导弹上的）。包括控制系統所有元件的随动系統的迴路，总称为控制系統迴路。导弹本身也是控制系統的构件之一，这也就是说，它是这个迴路的一个环节。

控制射击的仪器系統是导弹控制系統的一部分，用以保証导弹的发射过程（搜索目标、选择目标、給出目标指示、发射装置的瞄准和导弹的发射）。对大多数导弹說来，除了导弹的发射过程外，此系統与相应的火炮控制系統区别很小。

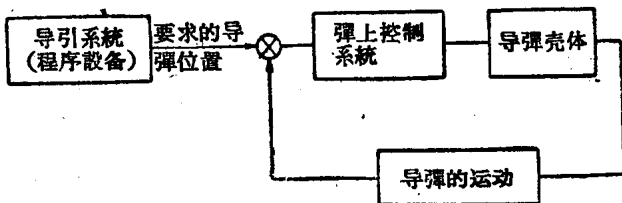


图2 控制系統完整迴路的基本环节。

导引系統是控制系統中的一部分組合設備，用于保証測定导弹在空間与目标的相对位置，并計算出导弹击中目标所必須飞行的彈道。

导引系統包括地面的（軍艦上、飞机上的）导引站，彈上导引系統，計算装置（这个設備既可装于导弹内，也可以安装在导引站内）和其他的設備。在某些情况下可能沒有导引站，这时导引系統則由彈上导引迴路組成。

导引系統发出改变导弹彈道的指揮訊号，彈上控制系統接收此訊号后，則以此保証导弹按照所要求的彈道飞行。

彈上控制系統（或彈上控制迴路），它是控制系統中的一部分，它安裝在導彈上，用於保證導彈飛行的穩定性和執行導引站發來的改變彈道的指令●。

導彈的所有控制系統，按照戰術性能基本上可以分為三類：自尋的系統、遙控系統及自動控制系統。它們的許多環節彼此不同，但是它的最大區別是導引系統的作用原理及其實現的技術要求。

本書的大部分篇幅用來敘述一些現代有名的導引系統的作用原理。但因為導引系統與整個控制迴路是不可分割的，因此，本書對其它設備的工作原理，整個控制系統的其餘部分（如彈體、導彈空氣動力學、彈上控制系統及對選擇各類已知導彈的導引系統有影響的其它導彈元件等）的彼此關係和相互影響也作了簡要的說明。

-
- 導引系統與彈上控制系統之間有著密切的相互關係，但是它們之中的每一個系統執行著不同的職能。有時用下面的譬如來說明這些系統之間的區別就會更明顯些：如果導引系統的職能與人的大腦職能相仿，那麼彈上控制系統的職能可以看作相當於人的肌肉職能，用以起到協調動作、識別方向和平衡穩定的作用。

第一章 导弹的主要部分

根据导弹在军事上的用途，它的形状，大小和结构都各有不同。尽管导弹的类型和结构有很多形式，但在它们所有这些特性中还存在很多共同结构的元件。

军事上用的一切导弹，都是由以下的主要部件组成：由空气动力布局决定的弹体（机身），拥有机械设备和推进剂的发动机装置，带引信的战斗部，弹上控制设备与导引设备，控制机构和稳定机构以及电源等。所有上述部分，按照其本身构造，战术技术特性而各不相同，根据每一种类型导弹的战术用途来进行选择。这些部件中的每一个部件都将影响到完成战斗任务的效果，而所有这些部件的总和又完全决定于导弹的战术技术性能。各个部件在弹体内的布置可以是各式各样的（见图3、4及5）。

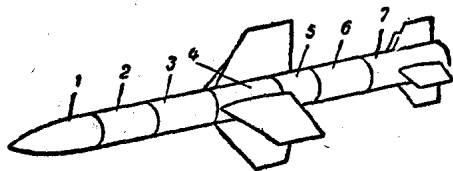


图3 “空对空”导弹各部分的示意图：

- 1—接收机；2—解算仪器；3—电源；4—自动驾驶仪；
5—引信；6—战斗部；7—发动机。

导弹的控制系统，特别是导引系统，是它的重要组织部分之一，导弹利用的效率就取决于这个系统的可靠性与准确度。这种系统的选择，不仅与目标的特征及其可能的运动航迹（在运动目标的情况下）有关，亦即不仅取决于导弹的战术用途，同时也与

一系列的其他因素有关，其中包括导弹本身的各个部件性质，如：战斗部、火箭喷气发动机的类型（航程发动机和起飞发动机）、导弹的形状及其空气动力布局、电源等。

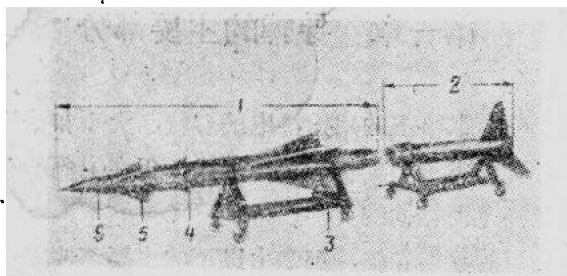


图4 “奈克”地空导弹结构的主要部件：

1—火箭；2—加速器；3—稳定器；4—天线；5—舵；
6—战斗部。

战斗部 导弹可以携带各种用途的战斗装药：穿甲的、杀伤的、爆破的、燃烧的和锥形装药的等等。战斗装药的重量是以一个导弹击毁目标为选择根据的。由于直接击中高速运动的目标不是永远可能的，一般在这种情况下，导弹的战斗部采用非触发式引信，使导弹在目标附近飞行的瞬时引信即行爆炸。当导弹用以射击地面固定目标或移动很慢的目标时，既可用触发式引信（当与障碍物碰击时爆炸），也可用非触发式引信。

如果直接命中为全概率，那么导弹上炸药的数量限制在足以击毁目标就足够了。但是因为直接命中的概率总是小于100%的，所以为了增大击毁目标的区域，就必须增加炸药的重量。在命中率不高的情况下，则要求装更多的炸药。因而我们必须尽量提高导弹瞄准的准确度，使其误差不超过战斗装药的作用半径。当然，作到这点是很不易的，因为导弹与目标接近时速度极大，而且目标也在进行机动。

根据外国刊物上的数据，不同种类的导弹的战斗部，其重量如下：

反坦克導彈.....3~5公斤
 “空對空”導彈.....10~30公斤
 “地對空”導彈.....20~100 公斤
 近程“地對地”導彈.....300~700公斤
 中程和遠程“地對地”導彈達到1000 公斤，或更重些。

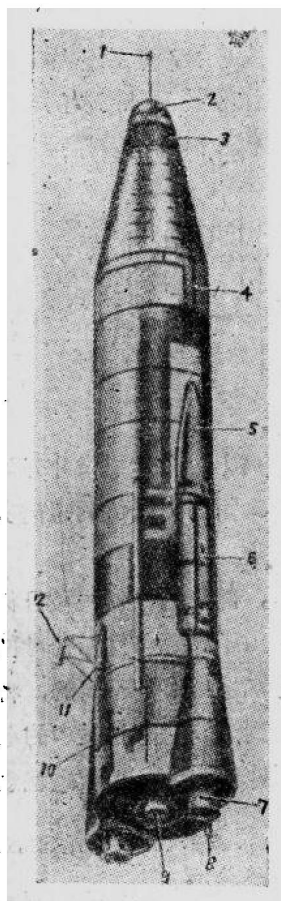


圖5 美國的洲際彈道火箭
 “阿特拉斯”的主要結構元件：

1—氣壓接受器；2—復蓋有反雷達物質層的彈頭；3—為減弱電磁波反射而作成的有皺紋的蒙皮；4—强度高而熔點低的圓柱形薄壁壳体；5—在側面整流罩下的導彈控制設備；6—具有導引設備（無線電慣性設備）的側面整流罩的中部隔艙；7—起飛後拋掉的起飛發動機（液體火箭發動機）的旋轉燃燒室；8—發動機渦輪泵附件排氣管；9—具有旋轉燃燒室的航程發動機；10—與起飛發動機同時拋掉的導彈尾部外壳；11—用以準確地進入軌迹和保證導彈相對於縱軸的穩定性的微動發動機側噴管；12—突出在外部的天綫。

引信 當導彈飛到距離目標的給定距離或給定高度時，非觸發式引信即自動激發。對地空導彈來說，非觸發式引信是它的一個不可缺少的配件。

按照引信作用所依据的物理现象，非触发式引信有：无线电的（雷达的），光学的，磁学的，声学的等等。在导弹的战斗部中，经常使用的是雷达的和光学的非触发引信。

最著名的雷达引信（又叫无线电信管），是按照多普勒效应●原理工作的引信。这种引信由下列部分（图6）组成：具有连续振荡的高频振荡器雷达收发设备，用以辐射和接收目标反射信号的天线，作为末级的闸流管放大器，电发火管，用以爆炸基本装药的辅助雷管，此外，引信应当有自动保险器和特殊的自炸器，以便在未命中目标或在飞行中控制系统失灵时销毁导弹。

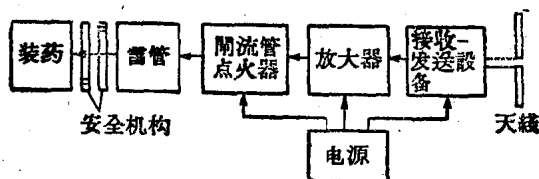


图6 雷达引信方框图。

导弹发射后，在离开发射地点一定距离上，雷达引信才开始工作（通常是按照由导引站来的指挥讯号动作的）。引信的定向天线的方向图应能保证导弹在靠近目标时爆炸。

当在发射机作用的空域内出现目标时，部分的辐射能被目标反射回来，并为引信的接收装置所接收。由于导弹与目标相对位置的变化，因此接收的信号频率与辐射的讯号频率是不同的，将反射回来的讯号与辐射讯号相加，结果得到具有差拍频率的电压，差拍频率等于两讯号频率之差。接近速度愈大，拍频也就愈

- 在一般情况下多普勒效应是，当振动源移动时，或者观察者根据它们相互的移动速度和方向，观察者所接收的振荡频率的变化。

在雷达中的多普勒效应不同处在于：接收由某种运动目标反射回来的电磁振荡的接收机与照射目标的振荡发射机彼此邻近。在这种情况下，用比较发射和接收频率的方法所决定的频率变化数值，它取决于雷达和运动目标相互之间移动速度的径向分量，而频率变化的符号取决于这个速度矢量的方向（当接近时频率增加，当离开时频率减小）。

高。用差拍电压的檢波輸出，送到控制电路去控制爆炸。在拍頻开始减少与訊号幅度开始增加相重合的瞬时，就是導彈爆炸的最佳瞬时。控制訊号加到封閉状态下的閘流管栅极上，使閘流管导电，閘流管屏极电流使电发火管发火，这样就保证了導彈的爆炸。

此外，还有按其他原理工作的无线电引信，其中包括：接收从运动目标反射回来的訊号时，引信天綫的輸入阻抗变化（如图7）。在电路中，由于高频振荡器負載变化所形成的脉动頻率取决于導彈与目标的相对速度；利用这种现象工作的引信，当其信号幅度的增长与脉动頻率开始减少相重合的一瞬时，即为導彈爆炸的最佳时机。

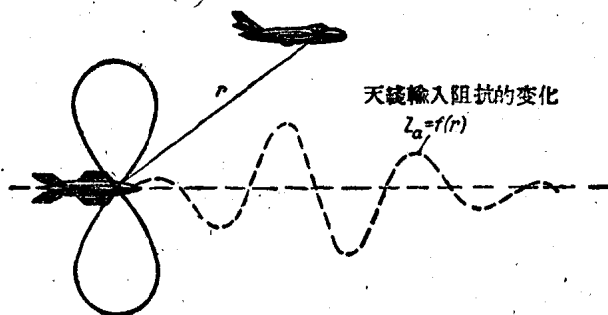


图7 雷达引信的天綫方向图及其輸入阻抗的变化特点。

当带有无线电引信的導彈或炸彈用于攻击地面目标时，引信的工作原理是一样的，只不过在这种情况下，反射波不是来自空中目标，而是来自地表面，这时必須調整无线电引信的电路，使其在一定高度上爆炸，这样能产生最大的杀伤率。

按上述原理工作的引信仍不太理想，因此出现了按照其他原理构成的引信。

根据形成控制訊号所必須的无线电波輻射能源安装地点的不同，雷达引信可分作主动式的和半主动式的。

光学引信的作用原理，是基于利用目标的热輻射或紅外綫輻

射。这样的光学引信由能透过紅外綫的透鏡、安置于透鏡焦点上的光电元件、放大綫路及傳爆管組成（見图8）。如果射到光电元件上的射綫是来自同类性质的空域

（如云彩），則在光电元件电路中电流变化很小，不足以使引信激发。但当導彈接近目标时，目标落到引信視仪区域内，則射到光电元件上的輻射綫强度急剧变化，并在放大器电路中形成光电流脉冲，此电流触发傳爆管，使導彈爆炸。

为了預防導彈过早的爆炸，在放大器电源的电池中，电解液是沒有充滿的，只是導彈发射出去以后，才利用加速作用使电解液通过多孔的擋板注滿電池。

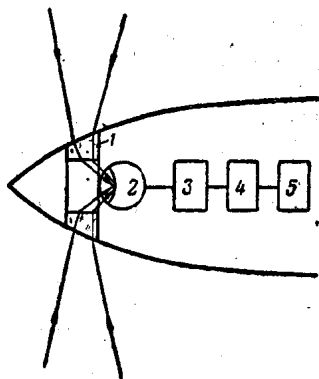


图8 光学引信的方框图：

- 1—环視透鏡；2—光电元件；
3—放大器；4—閘流管；5—
电发火管。

光学引信可用于导引系統不同的各种導彈內。

噴气发动机 为了实現可控制飞行器的飞行，必須提供一种推力；通常導彈的推力是由噴气发动机供給的。必須指出，不是在所有情况下都要求導彈拥有很大的速度和很远的射程，例如，带噴气发动机的反坦克導彈，其飞行速度和射程都不大。此外，也不是任何可控制飞行器都一定装有发动机，例如，可控制滑翔炸彈就沒有发动机。

導彈上用的发动机，基本上可分作两大类：与介质无关的（火箭式的）及与介质有关的（空气噴气式的）。它們的区别是：空气噴气式发动机推进剂燃烧所須的氧，是从周圍的空气中获得的，因此它不能有效的在大气上层工作，而火箭发动机的推进剂中本身就包含有必須的氧化剂，因此它与飞行高度无关。

火箭发动机又可分作两种类型：

- 1) 固体燃料发动机：它的燃料与氧化剂是混合在一起的，

它屬於火药火箭发动机 (ПРД);

2) 液体燒料发动机 (ЖРД): 在这种发动机中, 燃料与氧化剂是分开的, 它們裝在不同的箱里, 而按一定比例噴入燃燒室。

固体燃料火箭发动机的特点, 是能在很短時間內形成强大的推力。現代固体火箭发动机的推力可以达到几十吨, 至于它們工作的持續時間, 由发动机的不同用途而決定。

固体燃料火箭发动机具有一系列的优点: 使用安全, 保存時間長及使用方便等。目前已經研制出相应的用来裝填固体燃料的金屬壳体和耐热材料, 这样就能在導彈中部艙內 (在固定彈翼的地方) 裝填燃料, 而燃燒的气体通过由耐热材料制成的排气管进入发动机噴出管。

固体燃料发动机有效地被用作起飞发动机和助推器[●]。但不是所有的導彈都一定要有助推器。如果導彈飛行時間很长, 因而有足夠的時間, 使導彈达到正常飛行速度 (当初速度不很大时, 一般在 $2 \sim 3 g$ [●] 的範圍內), 这样助推器就沒有必要了。不帶起飞发动机的導彈, 通常 (但并不是在所有的情况下) 是垂直发射的, 这样, 在控制面还没有发生作用时, 可以簡化導彈飛行的穩定問題和控制問題。在此期間, 可以利用火箭发动机气流的傾斜方法控制導彈。

对于大多数防空導彈, 彈道式導彈和飞航式導彈, 为了尽量縮短起飞時間和发射軌道的长度, 采用起飞发动机, 以保証在有较大初速的条件下 (例如 $30 \sim 50 g$ 时), 以最短時間 (从几秒到几十秒), 使導彈的速度增加到正常的最高速度, 或者至少达到足够高的速度, 在短時間內火箭发动机或噴气发动机速度增加到正

● 起飞发动机和助推器的构造一般差別很小, 但有不同的用途: 在軌道长度很小时, 起飞发动机必須提供正常起飞条件 (足够飞起来的速度); 助推器 (基本上用于高射導彈和飞航式導彈) 用以迅速获得大的加速度。

● 重力加速度 (下同)。

常值后，就能保证独立而正确的完成战斗任务。

目前已经应用的有两种结构形式不同的起飞发动机：尾翼式助推器（并翼式助推器）及“束”式助推器，后者直接与弹体并列。第一种型式的起飞发动机在美国用得广泛。而第二种则在英国应用较多。

尾翼式助推器（图9）的主要优点是会使导弹的飞行特性变得太坏。但它本身也有很多缺点，如导弹长度显著加大，助推器的稳定面尺寸加大，这样使导弹的储存和发射都困难，发射装置也很笨重，导弹在加速期内不易控制，以至于有时候要求在起飞发动机体内安装单独的控制系統。

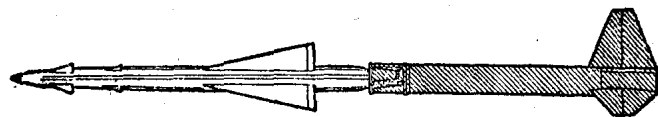


图9 带有尾翼加速器（尾翼式加速器）美国的高射导弹“奈克-宙斯”。

“束”式助推器（图10），是由几个单独的固体燃料发动机组成，它们安装在弹体四周的弹翼之间。这种结构的优点是比較紧凑，弹体长度没有增加，起飞发动机不必应用过多的稳定尾翼，带起飞发动机的导弹重心位置和不带起飞发动机的导弹的重心位置没有显著的偏差，在加速阶段和起飞发动机抛掉以后，可用同一个控制系統和稳定系統。这种结构的缺点是，在导弹加速期间阻力显著增大，在抛掉起飞发动机时有可能损伤弹体；为了使助推器与主体分离，可以直接利用空气动力的阻力，也可以用爆炸的方法。

液体火箭发动机用于地空的，空空的火箭以及中程，特别是远程的地面的火箭。重量不大的液体火箭发动机可以产生很大的推力，例如在远程火箭中，可以达到上100吨的推力。

空气喷气式发动机（B. P. Д.）。此种发动机的推力是由于在飞