

文章编号 1004-924X(2002)01-0031-05

国外弹道式导弹方位瞄准技术及其发展

王悦勇, 郭喜庆, 武克用

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要:弹道式导弹发展趋势向着固体火箭发动机、全机动发射方式、制导技术先进、命中精度高、飞行时间短、体积小、机动性强、反应速度快、突防能力强等方面发展,因此,与之相关导弹的瞄准技术也得到相应发展。导弹的方位瞄准直接影响导弹横向命中精度,得到了各国的重视和发展。本文介绍了国外铁路机动、地下发射井和潜艇发射导弹三种典型的瞄准系统,论述了导弹瞄准技术的发展。

关键词:导弹瞄准;方位瞄准;机动发射;发展现状

中图分类号:TJ761.3 文献标识码:A

1 引言

在发射前,对导弹弹体和控制系统的传感器要进行精确的垂直定位和方向定位,其目的是使弹道式导弹的程序弹道通过目标。导弹发射准备期间为确保弹体和控制系统传感器的各轴线在空间处于应有指向的全部工作称为导弹瞄准。方位瞄准系统是弹道导弹的重要组成部分,它直接影响导弹的横向命中精度。

在导弹瞄准的过程中,要完成各项工作。这些工作有:确定方位角、测量角度、远距离传输角度值、按一定的角度精确地转动导弹及其控制系统的传感器。这些工作是依靠建立在各种不同工作原理基础上的设备和仪器来完成的。因此,在瞄准中使用了光学仪器、光电仪器、陀螺仪表、电子仪器及机电设备等。所有这些仪器和设备联结成一个用来实现所有瞄准工作的半自动或自动系统,亦即构成一个瞄准系统。

2 国外导弹方位瞄准技术

2.1 铁路机动导弹发射的瞄准系统

80年代初,美国为了解决从铁路机动发射装置上发射“民兵”导弹的瞄准问题,已研制了自动瞄准系统。它包括下述元件:陀螺罗盘、陀螺罗盘

的稳定平台、偏振同步机构、自动准直测角仪、测角仪的稳定平台和控制装置。图1表示出了瞄准系统主要元件的分布图。

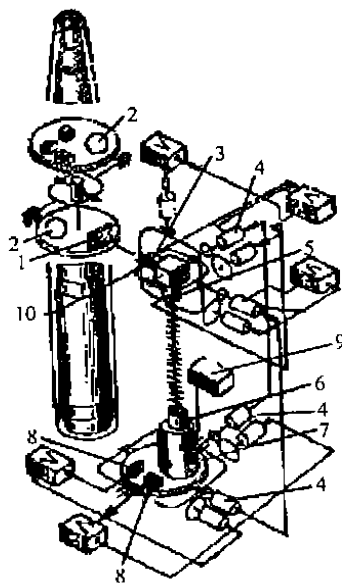


图1 民兵导弹瞄准系统

Fig. 1 Aiming system of Askari missile.

- 1. Prism 2. Spherical gyroscope 3. Goniometer
- 4. Selsyn 5. Synchronous receiver 6. Synchronous converter
- 7. Gyrosyn compass 8. Perpendicular sensor
- 9. Control panel 10. Platform for measuring stability of gyro

陀螺罗盘装在专门的保护罩内,保护罩装在发射台的稳定平台上。

整个瞄准系统的工作是依靠安装在控制面板上的仪器来控制的。在面板上装有指示器,用来显示瞄准系统各元件执行任务的精确程度。此外,还有一些刻度盘,度盘上的角度读数是靠陀螺罗盘来指示的。

为了将发射方位从陀螺罗盘传输至装在导弹仪器舱附近一容器里的测角仪上,使用了偏振同步机构。同步机构的转换器装在陀螺罗盘的转动机构上。在子午线方向及导弹的发射方位角确定后,操纵器将转换器定位。导弹发射方位角的信息是用偏振的方法调制光传递的。同步机构接收器安装在比转换器水平面高 14m 处,并刚性地连接于测角仪上。所以在接收器的方位与同步机构转换器的方位重合后,测角仪的瞄准轴就处在发射平面内了。测角仪与同步机构接收器一起安装在稳定平台上,而稳定平台固定在万向架上。平台可在万向架上转动,对于方位角转动范围为 $\pm 5^\circ$,对于俯仰角转动范围为 $\pm 3^\circ$ 。

测角仪的平台上罩一罩子,在罩上有三个防护玻璃窗口:一个窗口朝下,用于传输从偏振同步机构的转换器来的光束。第二个窗口是水平的,测角仪利用此窗口瞄准弹上陀螺稳定平台上的控制反射镜。第三个窗口朝下,与水平面成 45° 角,在检验瞄准系统工作精度时,通过这个窗口用自动准直经纬仪对固定在测角仪上的棱镜进行瞄准。

瞄准系统包括几个自主的并且互相联系的伺服系统:跟随陀螺房的进动运动而转动陀螺罗盘悬挂的伺服系统;陀螺罗盘平台水平定位的伺服系统;偏振同步机构的伺服系统;依靠与陀螺罗盘平台连接的感应同步机构对测角仪的稳定平台进行水平定位的伺服系统;按照测角仪产生的控制指令对测角仪平台进行水平定位的伺服系统;转动弹上陀螺稳定平台方位的伺服系统。

2.2 地下发射井导弹发射的瞄准系统

地下发射井的方位瞄准,通常采用近距离半自动瞄准方案。其瞄准距离为 6m 左右。使瞄准仪指向射击方位角,通过转动发射台完成粗瞄,操纵瞄准控制器使导弹上直角棱镜方位转动完成精瞄。在井内与导弹上直角棱镜等高处,根据发射方向设有瞄准间,瞄准仪在圆弧线的位置取决于发射方位角 A 。为防止燃气流危及瞄准设备和满足瞄准监视到发射前两分钟的需要,瞄准窗应

能远控自动关闭(或安装光学平板玻璃窗,它能上下、左右调节位置)。

光电瞄准仪的导轨平移量应考虑发射井的施工偏差、导弹的制造偏斜和弹体纵轴的安置误差等因素,一般导轨平移量取 $\pm 50\text{mm}$ 左右。地下井瞄准方案见图 2。

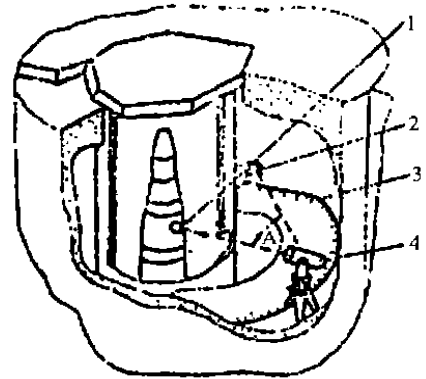


图 2 地下井导弹发射瞄准系统

Fig. 2 Aiming system of launching missile under silo.

1 Right angle prism

2 Reference right angle prism apparatus

3 Circular arc line

4 Photoelectric aiming device

2.3 潜艇发射导弹的瞄准系统

潜艇导航系统中的陀螺仪提供当地垂线位置及子午线方向(对导弹瞄准是必须的)有关的信息。陀螺仪可以处在陀螺罗盘及三维陀螺稳定器状态下工作。所以潜艇导航系统的稳定基面不仅可维持一个水平位置,而且也能按规定精度相对于子午线方向进行定向。导弹在从潜艇上发射前,对导弹进行瞄准时,将三个坐标轴的方向从导航系统的陀螺装置传输至导弹的陀螺稳定平台是很复杂的。而弹上陀螺平台从一个已知的方位转动到发射平面则比较简单。

在“北极星”导弹上,弹上陀螺平台对导航装置的三个坐标轴的定向是靠感应同步机构来完成的,它的转换器装在导航装置稳定平台的轴上,而接收器装在弹上陀螺平台的稳定轴上。所有同步机构的接收器与转换器相匹配后,弹上陀螺平台将处于水平位置。而它的方位将与导航装置的平台方位一致。

用这种原理来传输弹上陀螺平台方位的缺陷是由于潜艇运动时船身的变形将降低瞄准精度。潜艇船身的变形将导致弹上陀螺平台轴相对于艇

上导航装置稳定平台的相应轴产生角度偏差。这些角度偏差不能使感应同步机构转换器产生输出的信号,这是因为它们的转子和定子是相同的角度转动的。于是潜艇船身的角度变形都进入了导弹的瞄准误差。

为了消除潜艇船身的角度变形对瞄准精度的影响,除了感应同步机构外,还研制了光电同步机构。其作用原理如图 3 所示。

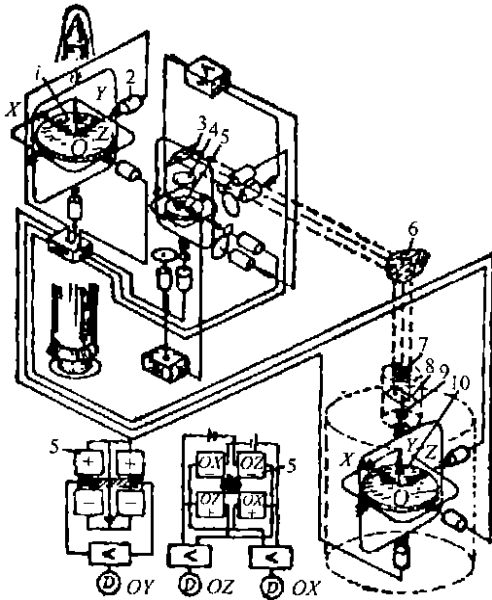


图 3 北极星导弹瞄准系统

Fig. 3 Aiming system of Polaris missile.

1. Gyro stabilized platform on the missile
2. Synchronous automation
3. Reflector
4. Lens
5. Photoelectric receiver
6. Pentaprism
7. Lens
8. Diaphragm
9. Lamp - house
10. Navigation gyro stabilized platform

这种瞄准系统由下列元件组成:光电同步机构转换器、棱镜反射器和光电同步机构接收器。

光电同步机构的转换器刚性地连接在导航系统稳定平台的台体上。光电同步机构包括光源、光栏及准直仪。在光栏上有两个开口:一个是小直径的圆孔,另一个是狭缝。光线通过这两个开口后,在准直仪上出现两个相邻的平行光束。

在导航装置上刚性地固定有一个五棱镜,它将准直仪射来的光线精确地旋转 90° 。鉴于导航装置和棱镜安装在一个垂面上,潜艇船身的变形对光线通过棱镜之后的光路不会有影响。

光电同步机构的接收器与导弹弹体是刚性固定的,它装在万向架上,在万向架的每个轴上装有

伺服系统的马达和感应同步机械的转换器。

同步机构的接收器包含下列元件:反射镜、物镜、两个十字形光电接收器和三个放大器。反射镜将光线射向物镜,物镜将光线聚焦在两个十字形光电接收器上。在其中一个接收器上形成圆形图像,而在另一个接收器上形成一窄缝隙图像。

当光电同步机构的接收器与俯仰或偏航角度传感器有偏差时,圆孔图像偏离中心,并且落在四个光电接收器中的某一个上(或同时落在两个上)。光电接收器成对地接在平衡电路上的两个光电流放大器的输出端上。所以放大器的输出端就出现偏差信号,其极性与俯仰或偏航通道上的角偏差符号相一致。信号输送给装在接收器万向架各轴上的马达,使接收器转到与转换器重合为止。

当接收器与方位角(导弹倾斜角)转换器之间有偏差时,在第二个十字形接收器(同步机构转换器的狭缝图像呈现在它上面)上出现偏差信号。如果正向前移动十字形接收器表面上由俯仰及偏航角同步机构的接收器和转换器之间的角度偏差所产生的狭缝图像,则由四个光电接收器所组成的电桥不会失去平衡。当接收器和方位角转换器之间出现角度偏差时,狭缝图像就绕垂直轴转动,并使电桥输出端上出现信号。经放大后,此信号传至转动同步机构接收器方位的马达上。

当光电同步机构接收器的万向架轴转动时,装在其上的感应同步机构的附加(修正的)转换器亦随之转动。由此产生的偏差信号传至放大器。在放大器中,这些修整信号与装在潜艇导航系统上的感应同步机构转换器所产生的主要偏差信号叠加在一起。总信号输送至装在弹上陀螺平台轴上的感应同步机构接收器上。通过弹上陀螺平台的稳定马来调节由这些接收器所产生的偏差之后,弹上陀螺平台各轴将平行于导航系统的陀螺平台的相应各轴。于是潜艇船身变形所引起的这些轴的附加相对角度转动也就考虑进去了。

3 导弹方位瞄准技术向着以下几方面发展

3.1 地下井定点发射瞄准方式将逐渐被替代

其主要原因有三:一是随着现代侦察手段的提高发射井的位置容易发现和暴露。二是由于导

弹的命中精度提高对于摧毁一个点目标来说其概率越来越大,比如,一个核弹头对一个地下井的摧毁率为:

$$K = \frac{Y^{2/3}}{(CEP)^2}, \quad (1)$$

公式中: Y 为弹头当量,以百万吨为单位, CEP 的单位为公里,精度越高圆概率误差越小, K 值就越大,也就是弹头摧毁地下井的概率越大,当圆概率误差小于 0.5km 时,只要一发弹即可摧毁目标,民兵 导弹的命中精度已接近 100m,“白杨”-M 导弹的命中精度则小于 90m,因此都具备摧毁超强加固点状硬目标的能力。洲际弹道导弹能以 1220~1830m/s 的速度、小于 10m 的圆概率误差来投递钻地导弹,用来攻击现有常规武器无法摧毁的地下纵深目标。三是发射井的建造及维护费用极高,因此各国在发射井上的投入越来越少,将固定和加固的地下井改为机动发射是一种有效的方法。

3.2 机动发射采取无依托瞄准方式

导弹机动在未知大地坐标点的情况下,接到发射命令后,通过自主定位、定向设备确定导弹发射的地理位置和射击方位,在规定的时间内将导弹发射出去。导弹武器的发展促进定位设备和定向设备的向前发展,定位设备包括:高精度的惯导、GPS 定位技术。定向设备包括陀螺罗盘、激光陀螺、光纤陀螺等。通过这些设备可实现高精度快速定位定向。

3.3 与多制导方式相结合采用快速粗略瞄准方式

目前,星惯制导、GPS 制导、激光制导、图形图像匹配制导等制导方式与导弹地面方位瞄准相结合使得导弹的横向精度得到了明显提高。80 年代,星惯组合制导技术得到发展和应用,极大地提高了导弹的命中精度。星惯制导系统克服了陀螺漂移影响,能够校正陀螺漂移的误差。对机动发射或潜艇发射的弹道导弹来说,星惯制导系统的优点更为突出。例如,三叉戟 洲际弹道导弹采用星惯制导技术,使落点圆概率误差达到 120m,与任何陆基洲际弹道导弹的技术指标大体相同。

参考文献:

[1] Yefimev M V. Ballistic missile aiming systems[J]. *Missile and Rockets*, 1970, 123(4): 23 - 25.

经过改进的“民兵”导弹,改进了发控中心,即执行快速作战瞄准方式,反应时间由原来的 40min,减至到 4min,导弹圆概率误差提高到 90~120m。

3.4 导弹垂直状态瞄准及水平状态瞄准方式

垂直瞄准有两种方式:一种是通过垂直传递方式瞄准弹上方位棱镜,另一种是将导弹垂直陀螺仪马达转子轴的方向传递到导弹尾部,在导弹尾部水平位置进行瞄准(通常叫间接瞄准)。垂直瞄准方式适用于近距离小场地瞄准。瞄准距离是发射点到瞄准点的水平距离,它主要由瞄准仪的高低角、射向变换范围、发射阵地的大小、瞄准方法、雾天能见度等因素决定,综合平衡后,瞄准距离取 20~40m。如果采用垂直方式瞄准,瞄准距离可达到 3m 左右,解决了近距离瞄准。其意义在于:发射车在机动中,又无法解决 20~40m 瞄准距离和一定的高程影响瞄准时,垂直方式瞄准显示了一定的优越性。它适应于发射场坪面积很小的情况下,完成方位瞄准的任务。

水平瞄准方式:这种方式是导弹处于水平状态时进行瞄准,导弹垂直方向发射。其优点:隐蔽性好,暴露时间短,快速机动。缺点:精度差(导弹变形等其它因素影响精度问题)。

3.5 利用弹上平台进行自瞄准

这种方式不需要地面瞄准设备。它是利用导弹陀螺平台上的惯性元件直接敏感到子午线方向,通过计算机计算装订射击方位角,采用这种方法导弹的瞄准精度取决于惯性元件的精度及平台方位转动角度传感器精度。但这种弹上平台自瞄准方式增加了平台的复杂性。

4 结束语

总之,随着现代战争攻防技术的发展,未来的导弹瞄准技术与现代精确制导技术紧密结合,使导弹瞄准正随着提高导弹的机动性、快速反应能力和生存能力等方面发展而发展。对导弹瞄准设备自动化程度、导弹的瞄准作业时间和精度要求将越来越高。

- [2] William M A. What 's new[J]. *Bulletin of Atomic Scientists*, 1997, 14(5) :33.
- [3] William M A. Dangerous directions[J]. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 1998, 145(4) :22.
- [4] 周载学. 发射技术[M]. 北京:宇航出版社, 1990. 90 - 91.
- [5] 谢怡得. 战略导弹部队实用科技知识手册[M]. 北京:解放军出版社, 1990.
- [6] 张谦. 星光 - 惯性复合制导系统[J]. 导弹与航天运载技术, 1993, 203(3) :37 - 41.
- [7] 彭允祥. 捷联惯导与导航卫星组合技术的发展趋势[J]. 导弹与航天运载技术, 1999, 240(4) :58 - 60.
- [8] 秦之瑾, 伍赣湘. 国外战略弹道导弹的发展现状[J]. 导弹与航天运载技术, 2000, 247(5) :48 - 53.
- [9] 吴美平. 军用导航技术发展趋势[J]. 现代防御技术, 2000, 28(3) :38 - 43.
- [10] 陈俊勇. 走向新世纪的 GPS[J]. 中国航天, 2000, 270(10) :3 - 5.
- [11] 陈建军, 王晓彬. 新世纪战争什么样[R]. 北京:解放军报, 2001. 1 - 2.
- [12] 宗树. 弹道导弹防御的发展现状[J]. 中国航天, 2001, 274(2) :40 - 43.
- [13] 胡国辉. GPS 定位定向系统的研究[J]. 宇航学报, 2000, 21(4) :112.
- [14] 金光, 王家骥, 倪伟. 星体弧长法标定光电经纬仪指向精度[J]. 光学 精密工程, 1999, 4(7) :91 - 93.
- [15] 郭喜庆, 武克用. 新型陀螺经纬仪的研究与应用[J]. 光学 精密工程, 2001, 9(2) :182 - 185.

Development trend of azimuth aiming system of ballistic missiles abroad

WANG Yue-yong, GUO Xi-qing, WU Ke-yong

(*Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China*)

Abstract: Along with the development trend of ballistic missile tending to solid rocket engine, mobile launching, advanced guidance technique, straight shoot, short flight time, small volume, preferable mobile, rapid response speed and powerful breakthrough ability, the missile aiming technique is also developed. In this paper, three kinds of typical missile aiming systems abroad are introduced, including railway mobile, launched missile under silo and submarine-launched ballistic missile. Because the missile azimuth aiming has a great influence on the precision of missiles, there is a growing interest in developing the missile aiming technique in many countries. Furthermore, the paper also discusses future development of the missile aiming technique.

Key words: missile aiming; azimuth aiming; mobile launching; development situation

作者简介:王悦勇(1962 -),男,山东宁津人,高工,1985年毕业于二炮工程学院,现为中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士研究生,主要从事光学精密仪器的研究。