

提高航炮射速潜力的理论分析

聂光戌, 魏贤智, 徐 虎

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘 要:国内外航炮发展的趋势之一是改进现役航炮,继续提高其射速。以航炮工作时间周期的计算公式为依据,从分析不同类型航炮的工作循环曲线出发,对提高航炮射速的潜力作了理论分析,得出了在现役航炮基础上提高射速的有益结论。

关键词:航炮射速潜力;单管单膛航炮;单管转膛航炮;双管协调航炮;多管旋转航炮

中图分类号:V246;TJ392 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)05-0021-03

每分钟航炮发射的弹丸数为航炮的射速,通常用 n (发/分)来表示。 n 越大,击毁目标的概率越大。在现代空战中,双方都在不断地机动,目标的出现是稍纵即逝,要求航炮有很高射速,力求在难以捕捉的战机中,一举将目标击毁。目前,国外航炮发展的一种趋势就是对现役航炮进行一系列改进,继续提高其射速。迄今为止,已出现了各式各样的航炮,比较主要的有单管单膛航炮,双管协调航炮,转膛式航炮和多管旋转式航炮^[1]。本文针对这些不同结构航炮射速提高的潜力做了理论分析。

1 射速的一般表达式

在航炮工作中完成的主要操作有:开膛、抽壳、抛壳、进弹、压弹、送弹、锁膛、打火等(不同类型及结构的航炮,在射击过程中完成这些操作的部分或全部)。完成所需部分或全部操作的时间与射击时间之和构成了航炮工作的周期,它决定了航炮射击的速度。即 $n = 60/t$ 。式中: n 是射击速度(发/分), t 是时间周期(秒)。

射击时间是指从点燃底火起,到炮管内的压力降到可以安全开膛时刻的时间。在现代的航炮武器中压力为10~20 MPa时可以开膛,提前开膛会使弹壳产生横向或纵向的爆裂,导致炸膛事故^[2]。

2 射速潜力分析

2.1 单管单膛式航炮射速提高潜力分析

单管单膛式航炮必须依次进行四个主要操作:开膛、抽壳、送弹、锁膛。此外,抛壳、供弹及压弹可同上面四个操作同时发生。用符号 t_{SJ} 、 t_{KT} 、 t_{CK} 、 t_{SD} 、 t_{ST} 、 t_{PK} 、 t_{GD} 、 t_{YD} 分别表示射击、开膛、抽壳、送弹、锁膛、抛壳、供弹及压弹等操作时间。单管单膛航炮最小循环时间为射击时间和四个不重复操作完成时间之和,即 $t = t_{SJ} + t_{KT} + t_{CK} + t_{SD} + t_{ST}$ 。式中:具有最小循环时间的工作周期 t 为该型航炮的理想周期,在这种情况下,其余的操作完全地同主要操作相重合,而主要的操作也是连续完成,其中没有时间损失。为在单管单膛式航炮中提高射击速度,必须趋向于实现理想的循环,并尽可能缩短每一个不重复操作完成的时间,其中, t_{SJ} 是不可控制的。

图1是某单管单膛式航炮工作循环曲线,从中可以看出:第一,在周期中实现了系列操作的重复。如抽壳、抛壳同供弹重复在一起,抛壳同抽壳部分重复在一起,而压弹同送弹重复在一起。第二,循环包括补充的时间,以 t_{bc} 表示。

不重复的四个操作中抽壳及送弹是最延时的,它们在较长的主动构件的行程上完成。航炮的射击速度,由完成抽壳和送弹操作的最小时间值所限定,而完成这两个操作的最小时间值是由送弹时炮弹的强度和抽壳时弹壳的强度所限定的,并且也与其它零件的强度有一定关系。为提高射击速度,在实现理想的循环

时,就必须缩短不重复操作完成的时间,特别要缩短抽壳和送弹这两个操作完成的时间,并尽量减小或取消循环的补充时间。

在单管单膛式航炮中,如炮管直径 $d = 23 \text{ mm}$, 弹丸初速 $v_0 = 700 \text{ m/s}$, 实现了理想的循环,那么其工作循环的最小时间将是 $33 \sim 40 \text{ ms}$, 极限的射击速度为 $1\,500 \sim 1\,800 \text{ 发/分}$ 。俄罗斯的 $\Gamma\text{III} - 301$ 航炮采用垂直运动机心,使航炮行程短、重量轻,并在炮管后退过程中采用加速推弹机构送弹入膛,这些措施对提高航炮射速起到了一定的作用,使其射速高达 $1\,800 \text{ 发/分}$ ^[3],几乎达到了单管单膛航炮极限的射击速度。

射击速度的进一步提高会在航炮结构及制造工艺上碰到很大的困难,利用更现代化的结构,可以取得更大的射击速度,而对于单管单膛式航炮原上则是不可能获得的。

2.2 单管转膛式航炮的射速提高潜力分析

该类型航炮具有结构上的特殊性,即炮膛和弹膛分开,弹膛部分是由几个弹膛组成的转膛,它可以绕中心轴旋转。此种结构能够重复送弹及抽壳这两个需时较长的操作。转膛式航炮一般只有五膛和四膛两种,下面以四膛转膛炮为例分析其工作循环的特殊性。

由图2可知,转膛式航炮能够将送弹、抽壳、开膛及供弹等操作重复在一起。此外,压弹、抛壳、锁膛及同送弹重复的操作(开膛、抽壳、供弹),在转膛式航炮中可以设计为并行的。因此,花费在射击准备上的时间,将主要由最延时的送弹这一操作所限制。在这种情况下循环时间约为射击时间及送弹时间之和,此循环时间周期仅约为送弹时间及射击时间之和,为该航炮的理想循环。

拥有 z 个弹膛及理想循环的转膛式航炮的极限射速可由下面公式确定: $n_{\text{JX}} = 60 / (t_{\text{SJ}} + t_{\text{SD}}) / (z - 2)$ 。式中, n_{JX} 为极限射速, t_{SD} 表示单发炮弹完整的送弹时间,有 $z - 2$ 个弹膛完成送弹。

转膛式航炮在确定最小送弹时间 t_{SD} 时,必须考虑到此类型航炮结构上很难实现平稳的送弹,因此送弹时间应稍长。法国的“德发”554型导气式单管转膛航炮为提高射速,充分利用五个弹膛,即装填分三个弹膛位置完成,每个位置推入全弹长的三分之一。如此则滑板行程可大为缩短,从而将射速从 $1\,200$ 提高到 $1\,800 \text{ 发/分}$ 。由于炮管寿命的原因,单个炮管的存在限制了射击的速度,使转膛式航炮的射速不能有较大的提高。

2.3 双管协调式航炮射速提高潜力分析

该航炮的一个套筒中安装了两个不动的炮管及布置了保证两个炮管重新装弹的机构。每一个炮管拥有自己的压弹、送弹、锁膛及抽壳机构,其余的机构是共同的。一个炮管的机构在动力上与另外的一个炮管的机构相联系^[4]。同两个单独的航炮相比,这样的结构能够减小航炮的重量及尺寸。两个炮管的存在也解决了它们的寿命问题,因为每个炮管射击的弹丸数量,只为航炮总射击数的一半,所以每个炮管的射击强度减少了一半,从而减少了炮管的磨损。在单管单膛式航炮中主要构件向前运动多依靠弹簧回复力,与向后运动的时间相比,向前运动的时间大得多。在双管炮中,主动构件在火药气体作用下的运动不仅向后,而且向前,这种复进的运动时间与后退的运动时间一样短,所以提高了双管航炮的极限射击速度。一般情况下,比单管单膛式航炮快两倍。例如,俄罗斯的 $\Gamma\text{III} - 23$ 双管航炮射速高达 $3\,000 \sim 3\,400 \text{ 发/分}$ 。在带有不动炮管的航

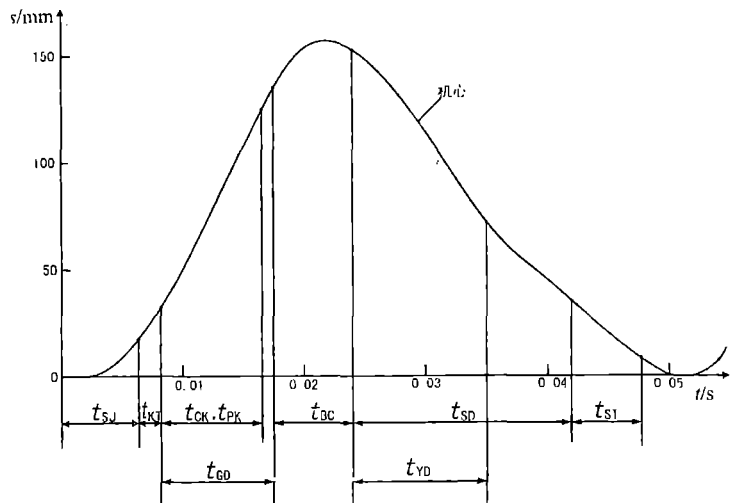


图1 单管单膛式航炮工作循环曲线

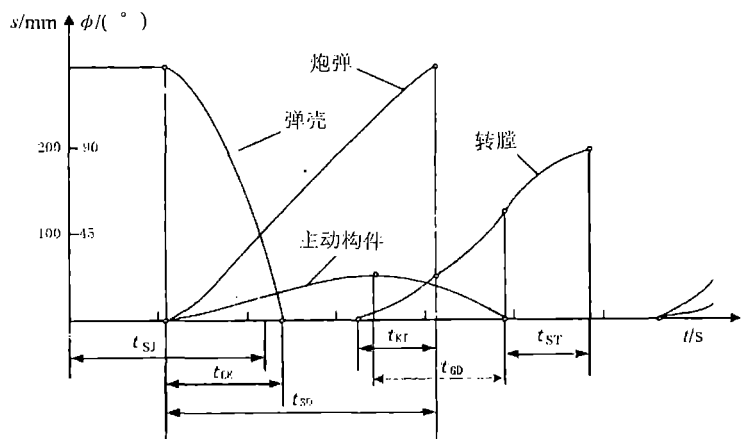


图2 单管转膛式航炮工作循环曲线

炮中很少采用两个以上的炮管,主要原因是弹带强度限制了极限速度,使之不会有实质的增加。

2.4 多管旋转式航炮射速提高潜力分析

转管式航炮采用了多根炮管,每根炮管配置一套机心,各套机心的自动工作是同时重叠进行的,这种结构能非常有效的提高射击速度。在连发期间,炮管部件的直接转动减轻了对航炮零件的负载,而且在高射击速度下又能保证航炮具有较长的使用寿命。

多管旋转航炮的工作循环曲线如图3所示。它表示了炮管机构的转换角与时间的对应关系。机构旋转一周的时间为 $t^1 = t_{SJ} + t_{KT} + t_{CK} + t_{SD} + t_{ST}$ 。因此,单管的射击速度取决于机构旋转的速度,而航炮的射击速度等于炮管数与单管射击速度的乘积, $n = 60N/t^1$ 。式中: N 为炮管数。

为提高该种航炮的射速,要进一步增大炮管构件的转速,但为了不损坏炮弹,需将送弹操作延长到几个射击过程中,以保证平稳的送弹入膛。美国对其现役的 20 mm 口径 M61A1“火神”六管炮进行一系列改进,射速由原来 6 000 发/分提高到 7 200 发/分。

在多管航炮中,虽然总的射击强度及在武器寿命期间的射击总发数很高,但对于每一个炮管来说,这些值却不高,这是一个主要的优点。但是,多管旋转式航炮却有某些原理上的缺点。第一,为了取得高射击速度,从连发的开始就必须加速起动炮管机构,为此需要专门的起动装置,从而使得结构复杂化。第二,在射击时,炮管部件不停的转动,在持续射击的状态下可能导致早开膛,引起航炮损坏或射击延迟。第三,从旋转的炮管中射击出的弹丸拥有侧向的起始速度,它引起射击的系统误差,在瞄准时应当予以考虑。

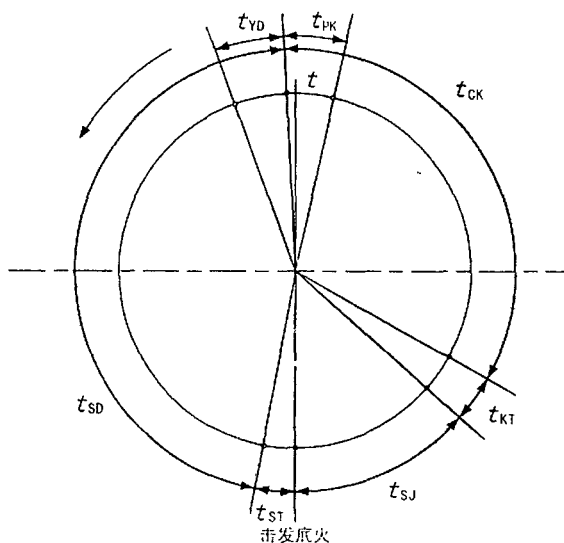


图3 多管旋转式航炮工作循环曲线

3 结束语

通过对各型航炮工作循环曲线的分析,得出了限制射击速度提高的主要因素,针对这些限制因素对航炮的结构采取相应的改进措施,就可以有效的提高射速。这里需要指出的是,对航炮来讲,射速是其重要战术指标,是决定战斗效能的重要因素,但评价航炮性能的优劣,不能单用射速指标,还必须结合航炮的初速及重量等因素进行综合的考虑。而且在対地射击中,对付低速目标只需较低的射速,以减少备弹量,减轻载机重量,先进的链式可调射速航炮就能达到这种要求。

参考文献:

- [1] 何志强,黄守仕,李载弘,等. 航空自动武器设计手册[M]. 北京:国防工业出版社,1990.
- [2] 郭显达,戴成勋,雷重森,等. 航炮设计[M]. 北京:兵器工业出版社,1990.
- [3] 李锦芳. 航炮自动武器[M]. 西安:空军工程学院,1987.
- [4] 戴成勋,史家科. 航炮机构动力学[M]. 西安:空军工程学院,1989.
- [5] 齐晓林,崔功,冀捐灶,等. 航炮的设计思想及技术措施分析[J]. 火炮发射与控制学报,2002,(1):33-36.

(编辑:姚树峰)

An Analysis on the Theory of the Improvement of Aircraft Guns' Shooting Speed Potentials

NIE Guang - shu, WEI Xian - zhi, XU Hu

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: A developing trend of aircraft guns both in China and foreign countries is to improve aviation guns in service and keep raising their shooting speed. The article, based on the formula counting the action cycle of aircraft guns, according to the working circulation curves of different kinds of aircraft guns, makes a theoretical analysis on the aircraft guns' shooting speed improving potentials, and draws a conclusion of the shooting speed improving on the basis of aviation guns in service.

Key word: aircraft guns' shooting speed potentials; single barrel single chamber aircraft gun; revolving chamber aircraft gun; twin barrel aircraft gun; revolving barrel aircraft gun