

某火炮系统弹道一致性影响因素分析

兰光武¹, 陈三强², 蒲伟², 巫志伟²

(1. 国营第157厂, 成都 611930; 2. 国营第451厂, 重庆 400032)

摘要:从气象条件和某型火炮系统以及弹药系统的3个方面出发,分析了影响弹道一致性的主要因素,并针对主要因素提出了相应的改进措施,提出了弹道一致性的解决途径,为提高该火炮系统的弹道一致性提供参考。

关键词:气象条件;火炮系统;弹药系统;射程;弹道一致性

本文引用格式:兰光武,陈三强,蒲伟,等.某火炮系统弹道一致性影响因素分析[J].四川兵工学报,2014(1):13-16.

中图分类号:E932

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2014)01-0013-04

Analysis of the Factors for Trajectory Consistency in Artillery Systems

LAN Guang-wu¹, CHEN San-qing², PU Wei², WU Zhi-wei²

(1. No. 157 Factory, Chengdu 611930, China; 2. No. 451 Factory, Chongqing 400032, China)

Abstract: Mainly from three aspects of weather condition, a certain type of artillery system and ammunition systems, we analyzed the main factors for ballistic consistency. After proposing the improvement approach for these factors, we achieved the solution for ballistic consistency. It provides the reference for improving the consistency of the ballistic artillery systems.

Key words: weather conditions; artillery systems; ammunition systems; range; trajectory consistency

Citation format: LAN Guang-wu, CHEN San-qing, PU Wei, et al. Analysis of the Factors for Trajectory Consistency in Artillery Systems[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(1): 13-16.

在弹道一致性是指采用同一火炮(枪械)配用2个以上弹种时,以其主用弹为标准分别对主用弹与配用弹射击,检查配用弹在有效射程内弹道与主用弹弹道偏差值在不在允许范围内;用同一门火炮在相同的诸元和射击条件下发射同一批弹丸,这些射弹将不会落在同一点上,即使事先对各发炮弹都仔细进行了挑选,各发弹丸的弹道也不会重叠在一起,而是形成一定的弹道束,一般落在一定的范围内;2种弹药(被试弹、对比弹)的结构设计、填充物性质、选择的弹丸零部件的材料、制造设备、制造工艺、制造水平等之间的差异也直接影响弹道一致性;因此,只有全面分析影响弹道一致性的诸因素,找到提高弹道一致性的方法和措施,才能最大限度地发挥自行火炮的作战效能。

1 影响弹道一致性因素分析

1.1 气象条件的因素

众所周知,我国炮兵标准气象条件借用前苏联炮兵标准

气象条件,而前苏联的炮兵标准气象条件是于1927年制定的,我国气象特征与前苏联必有差异,与国际通用标准大气也不同,主要表现在:先进弹药,远程弹药,大口径弹药等。

目前国内研究的超远程制导弹药出口,国内研制的外贸火炮系统出口,国内弹药出口的射表编制等都需要气象标准。弹药将面对用何种大气标准进行弹道计算的问题,若用中国炮兵标准气象条件,则计算的射程与国外指标有无可比性?更谈不上弹道一致性问题,类似这些问题大体上可分2个方面。

1.1.1 弹丸的标准化射程

弹丸在大气中飞行,受到空气动力的作用,计算的结果都不相同;同一个弹种,用不同的标准大气进行弹道计算,可得到不同的标准化射程;同一个弹种在某一实时气象条件下射击,采用不同的标准大气进行修正,可得到不同的射程标准化结果。

随弹丸飞行距离的增加,2种大气标准引起的全水平射程差异趋大;若这种差异对小口径弹,近距离射击还可忽略

的话,对大、中口径远射程武器就不能再不考虑了。这只是对一般炮弹射程标准化后出现的问题。对于复合增程弹,由于底排和火箭的工作状况也会受周围大气的影响而使之减阻率有变,更会使2种大气标准的标准化射程差加大。同一个弹药由于采用的大气标准不同,导致标准化射程不一,这不仅对弹道计算带来混乱,也对评定弹道一致性的优劣带来困难。

1.1.2 射表编制与使用问题

随着我国国际上交往的增加,武器的进出口贸易逐渐增多,为适应国际上通用的要求,出口射表编制必须采用国际通用的标准大气,这就使得中国出口武器存在两个射表,国内射表,国外射表,这不仅增加射表编制的工作量,而两者间毫无通用性。

目前国内普遍使用的弹道表都是按照中国炮兵标准气象条件下编制的,对于国外的一些武器所公布的有关数据,有时也习惯地将它们使用不具有的弹道表,计算出它们的弹道系数,弹形系数,这里就存在着一定的问题。此方法计算出来的这些系数有偏差,同时也会跟弹道一致性带来负面效应。

1.2 初速的因素

一般来说,对自行火炮弹道一致性的影响,首要影响的是弹丸的初速。可以从3个方面分析初速的变化对弹道一致性的影响。

1) 由于每发弹药的弧厚、形状、温度、化学成分等装药性质的不同,使各发弹丸初速不同,都会导致被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。比如射击时的药室温度会影响火药的燃烧速度,药室温度越高,火药的燃烧速度就越快,弹丸初速也就越大。所以在火炮射击过程中,在考虑弹药的贮存气温的同时,还要考利射击1发后,膛内温度升高对火炮初速的影响。

2) 炮膛磨损程度不同,炮膛干净程度的微小差异,药室与炮膛的磨损,装填时弹丸位置不一,导带大小不同,这些均影响药室容积,使各发弹初速不一致,也会导致被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。3) 被试弹丸与对比弹丸重量的不一致性,也可使初速产生变化,最终导致被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。

1.3 射角的因素

1) 由于每次射击时,跳角的不同,使各发弹射角不同;也会产生被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。

2) 重新瞄准时炮身轴线位置不同,影响射角变化;同样也会引起被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。

3) 仰角装定时,随机误差使射角变化;会微小引起被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。

1.4 弹丸在飞行中各干扰的因素

对于已经设计定型的火炮来说,外界条件的变化也要产生弹道不一致性,火炮武器系统过去、现在和将来诸元精度水平不同,在外界条件因素主要包括以下几个方面的内容:炮目距离和炮目方向的测量、气压偏差、气温偏差,以及风速等因素(不考虑地球自转)。

1) 因为测量误差始终存在,无论是采用激光测距机、方向盘测量目标,两者在人为测量上也存在偏颇,产生一致性误差。

2) 气压偏差。它是火炮射击过程中弹丸运动的弹道条件,即与标准大气压的偏差。计算测量气压以后,对原射击,当每发的气压增高、或减低时,无法做到每射击一发实时准确,也导致弹道一致性差。

3) 气温偏差。射击时在修正温偏时,与标准气温进行比较计算,温度越高,火炮初速越大,在弹道一致性试验时不可能做到实时测量气温,它们的变化影响弹道一致性。

4) 风速。在射击过程中一般将风速分解为横风和纵风2个方向。横风过大时,在弹丸飞行过程产生的偏角随之增大;纵风过大时,影响弹丸在空气中的飞行速度的改变量变大。最终导致被试弹丸与对比弹丸的弹道不一致性。

1.5 火炮自身射击准备条件的因素

- 1) 射击时药室温度;
- 2) 火炮日常的维护保养;
- 3) 炮手操作与选择;
- 4) 瞄准装置的系统误差;
- 5) 火炮的后座;
- 6) 火炮校炮是否准确。

1.6 弹药方面的因素

弹药方面对弹道一致性的影响因素较多主要从发射装药、弹丸的结构、加工制造等方面进行表述。

1) 发射药质量、化学成分、温度和湿度的微小差异;装药结构、点火传火与燃烧规律的微小变化;发射药的几何尺寸、密度、理化性能的细微变化。这些都要影响火药在膛内的燃烧速度,影响初速,影响弹道一致性。

2) 弹丸的结构形式、弹丸的零件个数、弹丸的装填物等等都会在不同程度上对弹丸的某些参数产生影响,这些参数主要有质心、质偏、极转动惯量、赤道转动惯量、动不平衡,这些将影响弹道一致性。通过某大口制式弹和预制破片弹的结构、材料、装填物等对比(见表1)可以看出,两者在达到弹道一致性有困难。

表1 某大口制式弹与预制破片弹的结构对照

	制式弹 (被试)	预制破片 弹(对比)	备注
头螺	无	7A04	
套筒	无	30CrMnSiA	
弹(本)体	50SiMnVB	50SiMnVB	
预制破片	无	重金属	
辅助装药	TNT	高能炸药	密度差异
主装药	TNT	高能炸药	密度差异
导带	H96	H96	
闭气环	尼龙	尼龙	
底凹	7A04	7A04	

3) 闭气环的影响。对于旋转稳定弹丸,较好的气密是很重要的。气密性主要利用贴近弹体圆柱部的橡皮或塑料环来获得,或者利用于弹丸后面由适当材料做成的圆盘(推进式气密装置)来获得。气密装置在弹丸飞出炮口后必须破碎和散离。橡胶或塑料气密装置通常是没有问题的,可以预制径向切口,如果必要的话,可以作成一段一段的。弹丸的气密装置在离开炮口后,必须破碎成小的没有杀伤力的碎片。显然,在飞行中仍存留气密装置,会增大阻力。也就是说,当被试弹丸与对比弹丸的闭气环部同时在同一位置打开,将会影响二者的阻力,进而影响到二者的弹道一致性。

4) 弹丸在加工制造过程中有诸多因素可以影响弹道一致性。首先在加工设备上分析,加工设备在不同时刻的稳定性,就可以导致不同时刻加工的弹丸的尺寸精度、形位公差、表面粗糙度有差异,弹丸外表面越光滑,与空气的摩擦阻力越小,射程偏远,即使在采用先进的数控机床和普通机床加工制造处理的弹丸的精度也有差异,会影响弹道一致性;再加上比如表 1 所列的被试弹丸与对比弹丸,即使二者弹丸重量一致,它们在结构的差异导致质量分布也有差异,从而弹丸的质偏、动不平衡也差距较大,直接影响弹道一致性;尤其在某大口径弹丸在加装了预制破片之后,在弹丸的弧形部就形成了套筒与弹(本)体的缝隙,相反制式弹弧形部无此缝隙,二者阻力不一样,其弹道一致性就差。显然影响被试弹药与对比弹药的弹道一致性因素有许多,诸如炮口冲击、弹丸飞行中的共振、空气动力突跃等等,在此就不必阐述。

2 平均弹道一致性判定

一般情况下,平均弹道一致性主要是为了被试弹药通用对比弹药射表提供的依据。在 GJB4225—2001 榴弹定型试验规程中已经规定了:试验目的、试验条件、试验准备、试验实施、数据处理等。本文以某 2 种弹药为实例,说明二者在设计定型试验中的具体数据处理和结果的评定准则。

2.1 某(假定为 A)弹药的弹道一致性评定

从表 2 对全装药单发射击距离和计算,全装药:距离差的平均值 $\bar{\Delta}_x = -48.4285 \text{ m}$,标准误差的平均值 $\bar{\sigma}_{\Delta x} = 81.1313 \text{ m}$,自由度 $\gamma = 6$ 一致性界限系数 $\lambda_\alpha = t_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma}}$,根据自由度 $\gamma = 6$ 及显著水平 $\alpha = 0.01$,查表得 $t_{\alpha/2} = 3.707$ 。评定标准: $|\bar{\Delta}_x| \leq \lambda_\alpha \cdot \bar{\sigma}_{\Delta x}$,即 $|-48.4285| < 3.707 \times 0.37796 \times 81.1782 = 113.7$,则该弹药在射程方向平均弹道一致。

根据表 3 同理可以计算出:该弹药在全装药横向(侧向)平均弹道一致。

综上所述该 A 弹药的被试弹与对比弹平均弹道一致。

表 2 全装单发距离及距离差(纵向)药温 18℃

射序	被试弹/m	对比弹/m	距离差/m
1	17 458	17 528	-70
2	17 550	17 450	100
3	17 479	17 614	-135
4	17 479	17 610	-131
5	17 579	17 649	-70
6	17 570	17 577	-7
7	17 618	17 644	-26

表 3 全装单发距离及距离差(横向)药温 18℃

射序	被试弹/m	对比弹/m	距离差/m
1	368.44	343.15	25.29
2	338.37	374.08	-35.71
3	374.43	366.69	7.74
4	362.29	353.24	9.05
5	350.29	368.46	-17.91
6	351.49	357.89	6.4
7	344.91	373.79	-2 978

2.2 某(假定为 B)弹药的弹道一致性评定

从表 4 该全装药单发射击距离和计算全装药:距离差的平均值 $\bar{\Delta}_x = -80.4285 \text{ m}$,标准误差的平均值 $\bar{\sigma}_{\Delta x} = 78.0488 \text{ m}$,自由度 $\gamma = 6$,一致性界限系数 $\lambda_\alpha = t_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma}}$ 。根据自由度 $\gamma = 6$ 及显著水平 $\alpha = 0.05$,查表得 $t_{\alpha/2} = 2.447$ 。评定标准: $|\bar{\Delta}_x| \leq \lambda_\alpha \cdot \bar{\sigma}_{\Delta x}$,但经过计算 $|-80.4285|$ 与最后下式: $2.447 \times 0.37796 \times 78.0488 = 72.1857$,不满足评定标准。然而如果选显著水平 $\alpha = 0.01$,查表得 $t_{\alpha/2} = 3.707$,则有 $|-80.4285| < 3.707 \times 0.37796 \times 78.0488 = 109.359$ 成立,则该弹药在射程方向平均弹道一致。

表 4 全装单发距离及距离差(纵向)药温 21℃

射序	被试弹/m	对比弹/m	距离差/m
1	29 636	29 612	24
2	28 965	28 984	-69
3	29 376	29 526	-150
4	29 335	29 385	-50
5	29 126	29 164	-38
6	29 275	29 440	-165
7	29 611	29 776	-165

表5 全装单发距离及距离差(横向)药温21℃

射序	被试弹/m	对比弹/m	距离差/m
1	1 368	1 187	181
2	1 237	1 145	92
3	1 251	1 313	-62
4	1 293	1 288	5
5	1 223	1 342	-119
6	1 327	1 290	37
7	1 304	1 269	35

根据表5同理可以计算出:该弹药在全装药横向(侧向)平均弹道一致。

综上所述该B弹药的被试弹与对比弹平均弹道一致。

通过上述2个实例的计算可以看出:上述2个被试弹种的射程、弹重、初速、过载等都有差异,应该考虑高初速、远射程、高过载、结构特殊的弹种应该取显著水平值小,更能够达到工程研制实际。

3 提高弹道一致性的主要措施

1) 对某火炮的结构稳定性进行进一步的优化,改进火炮的不良问题,提高火炮的生产加工水平,提高关键零部件的加工精度,以便在装配过程中严格控制装配误差。

2) 采用新的设计理论和方法,提高弹药质量。第一,对弹丸进行优化设计,包括弹丸的结构、和连接方式、连接强度、药室结构设计以及研制发射药,改善内弹道性能等。同时尽可能使弹丸的零部件绕其几何纵轴对称分布;采用高精度加工,装配手段,减少尺寸、形状及装配误差;对被试弹丸和对比弹丸总装后进行动平衡测试,采用二者基本一致的动平衡角。第二,改进发射药的生产工艺,保证发射药粒性能的一致性,同时改进弹药的装配工艺水平,尽量减少装配误差,确保装填条件和火药燃烧一致性,切实改善弹丸的弹道性能。

3) 掌握重点,把握细节,提高火炮射击开始诸元精度。火炮在射击准备时要认真进行零位零线的校对,射击前进行多次校对;采用先进手段精确测量气温、气压、风速、药温等参数,以便更好地修正、减少计算误差。尽量做到:正确设置测算仪器、精确标定、多次测量、精心修正、把握好气象通报的时效性,同时提高火炮射击操作的规范程度。

4) 在大口径预制破片弹考察其平均弹道一致性时,考虑其初速高、转速快、过载大的远程的情况下,选用显著水平时 α 尽量采用宽松参数,即根据国军标(GJB4225—2001榴弹定型试验规程)一般 $\alpha=5\%$,而工程实际过程中,大口径预制破片弹应采用 $\alpha=1\%$ 。这样也能兼顾某些无法预知的因素。为新型弹药创造更多种类、更包容的原则。

4 结束语

本文通过分析影响某火炮系统的平均弹道一致性的主要因素,针对影响弹道一致性的各因素提出了改进措施,通过弹丸设计、弹丸制造工艺、弹药装配工艺、精确测量计算、炮手的操作水平和提高火炮和弹药的生产加工水平,可以提高该弹药的弹道一致性,达到提高火炮的命中概率,最大限度满足战术技术指标。

参考文献:

- [1] 杨为中. 弹丸的飞行稳定性设计[M]. 北京:国防工业出版社,1976.
- [2] 汤晓云. 外弹道气象学[M]. 北京:兵器工业出版社,1990.
- [3] 浦发. 外弹道学[M]. 北京:国防工业出版社,1986.
- [4] 张峰. 标准气象条件使用中存在的问题[J]. 弹道学报, 1999,11(4):78-81.
- [5] 徐友明. 现代外弹道学[M]. 北京:兵器工业出版社,1999.
- [6] 陈三强. 某推进剂瞬态热传导数值模拟[J]. 四川兵工学报,2011,32(9):124-126.
- [7] 陈三强. 人因工程在弹药设计中的应用[J]. 国防制造技术,2011(5):60-62.
- [8] 董明,王婷,柳云峰. 某牵引炮射击精度影响因素剖析[J]. 四川兵工学报,2011,32(5):30-32.
- [9] 罗乔,张小兵. 超高射频串联发射内弹道一致性研究[J]. 南京理工大学学报,2012(5):750-754.
- [10] 王声生. 基于Bayes参数估计的弹道一致性试验方法[J]. 四川兵工学报,2012(4):38.

(责任编辑 杨继森)