

图像延迟对持枪机器人射击精度的影响

夏洪¹, 张秀喜²

(1. 东华理工大学 江西省新能源工艺及装备工程技术研究中心, 南昌 330013;

2. 中国人民解放军91241部队, 广西 贵港 537225)

摘要:持枪机器人是安装了枪械的无人武器平台。使用者在远处操纵射击,在监视屏上瞄准目标。由于图像传输需要时间,具有100~300 ms的延迟。为了研究使用持枪机器人过程中,延迟对于跑动目标命中率的影响,建立了在平坦开阔地带,目标(敌方士兵)不被击中的临界速度的计算式。并对于不同的延迟时间,计算了目标以不同方向跑动时,逃脱的临界速度。分析计算结果表明:安装了步枪或手枪的无人武器平台,若有150 ms以上的延迟,目标跑动方向和子弹轨迹有15°以上的夹角,只要目标不太慢,很容易逃脱。因此瞄准时需要加以修正。

关键词:无人武器平台;步枪或手枪;图像传输;延迟;射击精度

本文引用格式:夏洪,张秀喜.图像延迟对持枪机器人射击精度的影响[J].四川兵工学报,2015(1):21-24.

Citation format:XIA Hong, ZHANG Xiu-xi. Influence of Image Transmission Delay to Hitting Precision of Gun Robot[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(1):21-24.

中图分类号:TJ203

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2015)01-0021-04

Influence of Image Transmission Delay to Hitting Precision of Gun Robot

XIA Hong¹, ZHANG Xiu-xi²

(1. Jiangxi Province Engineering Research Center of New Energy Technology and Equipment, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China;

2. The 91241st Troop of PLA, Guigang 537225, China)

Abstract: Gun robots are unmanned weapon platforms with guns. Users operate them at a distance and aim target on screen of control box. Because image transmission needs time, the images would be delayed of 100~300 ms. To study the influence of the delay to hitting probability of shooting running targets in flat open land, we established a formula of critical speed that enemy soldiers can be shot. It calculated, for different image delay time, various critical speeds of the targets running in different directions. Based on the calculation results, we can conclude that as long as the targets are not too slow it is very easy for them to escape the shoot if the unmanned gun platforms with rifle or pistol have delay above 150 ms, and if angle between targets running direction and bullet track exceeds 15° or above 15°. Thus the aiming method of the robots should be improved.

Key words: unmanned gun platform; rifle or pistol; image transmission; delay; hitting precision

当前一些国家为了减少战争中人员伤亡,大力发展可代替士兵的无人武器平台^[1-3]。持枪机器人是安装了枪械的无人武器平台。其典型有美制 SWARDS,英制 SWARM 无人武器平台等。图1是国外某型持枪机器人。它们通常在轮

式或履带式无人车辆上安装机枪,步枪,手枪,冲锋枪等武器,操作者在几十米之外或更远的隐蔽之处依靠监视屏瞄准目标并操纵射击。无疑这种机器人可以大大减少战斗人员的危险性,然而其射击准确度将受到图像延迟的影响。本文

收稿日期:2014-09-08

基金项目:国家自然科学基金项目(61064009);江西省教育厅2013年度科学技术研究项目(GJJ13467)

作者简介:夏洪(1958—),男,硕士,副教授,主要从事控制理论与控制工程、机器人工程研究。

将定量研究这种影响。这项研究有助于预测无人武器平台的效能,为制定发展规划提供参考,为设计制造提供依据。

1 延迟时间 τ 对射击精度的影响

持枪机器人监视屏上的目标图像,需要经过摄像,编码,无线传输,解码等过程,这些过程都需要时间。不同的图像设备所需时间不同,一般的图像处理延时约 300 ms,质量很好的图像设备也要延时约 70 ms^[4,5]。若加上机枪固有的延迟,例如机械结构延迟,子弹飞行时间,操作者的反应时间等,延时在 100 ms 以上。也就是说,操作者在监视屏上看到的图像是 100~300 ms 之前的图像。

本文将研究机枪机器人的延迟时间 τ 对于射击的影响,并提出适合机枪机器人的瞄准扫射方法。



图1 国外某型无人武器平台

考虑平坦开阔的无障碍物的战场。机枪的俯仰角为零,即枪管保持水平。对于这种情况只须研究俯视图。取坐标系如图 2 所示。

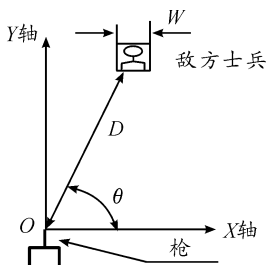


图2 持枪机器人和目标的俯视图

1.1 目标横向跑动时 τ 对射击的影响

研究敌士兵横向跑动,即沿着与 X 轴平行方向跑动的情况。敌士兵侧面对着机枪。取目标宽度为白种人青年男性的平均胸厚 T_h , T_h 为 0.22 m^[6]。

通过监视屏瞄准目标正中,从监视屏上看到的位置图像是 τ 时刻之前的目标位置。假设射击准确,即弹着点与瞄准点重合。子弹到达瞄准点时,耗时为 τ 。若敌士兵以速度 V_x 匀速跑动,则 τ 时间内移动距离为 $L_x = \tau V_x$ 。显然,如果 L_x 小于 $Th/2$,则子弹击中目标, L_x 大于 $Th/2$ 不能击中。在此,不区分击毙和击伤。对于给定的 τ , V_x 大于临界值 Cr_1 ,则不能击中。经计算, τ 和 Cr_1 关系见表 1。

瞄准目标身体上的前 endpoint,则 L_x 小于 Th 时子弹击中目标。对于给定的 τ , V_x 大于临界值 Cr_2 ,则不能击中。经计算, τ 和 Cr_2 关系如表 1 所示。

表1 目标横向跑动时,延迟时间和临界速度的关系

延迟时间/s	临界速度 $Cr_1 / (m \cdot s^{-1})$	临界速度 $Cr_1 / (s/100 m)$	临界速度 $Cr_2 / (m \cdot s^{-1})$	临界速度 $Cr_2 / (s/100 m)$
0.04	2.800	35.714	5.600	17.857
0.06	1.867	53.571	3.733	26.786
0.08	1.400	71.429	2.800	35.714
0.10	1.120	89.286	2.240	44.643
0.15	0.747	133.929	1.493	66.964
0.20	0.560	178.571	1.120	89.286
0.25	0.448	223.214	0.896	111.607
0.30	0.373	267.857	0.747	133.929
0.35	0.320	312.500	0.640	156.250
0.40	0.280	357.143	0.560	178.571
0.45	0.249	401.786	0.498	200.893
0.50	0.224	446.429	0.448	223.214

1.2 目标竖向跑动时 τ 对射击的影响

若敌士兵在 Y 轴上跑动,只要不让目标在 τ 时间内跑出射程, τ 不影响射击精度。

现研究敌士兵沿着与 Y 轴平行方向与 Y 轴有一段距离跑动,离枪越来越近,速度为 V_y ,如图 3 所示。

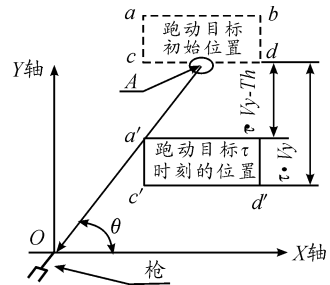


图3 目标竖向跑动时,机器人和目标的俯视图

把目标俯视图简化成矩形 \overline{abcd} ,其长和宽分别是敌士兵的肩宽和胸厚。取肩宽 W 为 0.38 m^[6]。

如图 3 所示,初始时刻,通过监视屏瞄准敌士兵的身体前端的正中 A 点。由于图像传输等延迟,子弹到达 A 点时,已耗时 τ ,士兵往前移动了 $\tau \cdot V_y$ 。如果线段 \overline{OA} 和矩形 $\overline{a'b'c'd'}$ 相交,则击中目标。图 3 为临界状态,目标再前移一点就没有击中。有

$$\tau \cdot V_y - Th = \frac{W}{2} \operatorname{tg} \theta$$

θ 取典型值 $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$, 计算出目标被击中的临界速度,见表 2。 $0^\circ < \theta < 90^\circ$, τ 对射击精度有不同程度的影响。

表2 目标竖向跑动时,延迟时间和临界速度的关系

$\theta/(\circ)$	延迟时间/s	临界速度 $Cr/$ ($m \cdot s^{-1}$)	临界速度 $Cr/$ ($s/100 m$)
45	0.04	10.350	9.662
	0.06	6.900	14.493
	0.08	5.175	19.324
	0.10	4.140	24.155
	0.15	2.760	36.232
	0.20	2.070	48.309
	0.25	1.656	60.387
	0.30	1.380	72.464
	0.35	1.183	84.541
	0.40	1.035	96.618
60	0.45	0.920	108.696
	0.50	0.828	120.773
	0.04	13.827	7.232 1
	0.06	9.218	10.848
	0.08	6.914	14.464
	0.10	5.531	18.080
	0.15	3.687	27.120
	0.20	2.765	36.161
	0.25	2.212	45.201
	0.30	1.844	54.241
75	0.35	1.580	63.281
	0.40	1.383	72.321
	0.45	1.229	81.361
	0.50	1.106	90.401
	0.04	23.327	4.287
	0.06	15.552	6.430
	0.08	11.664	8.574
	0.10	9.331	10.717
	0.15	6.221	16.076
	0.20	4.665	21.434
	0.25	3.732	26.793
	0.30	3.110	32.151
	0.35	2.666	37.510
	0.40	2.333	42.868
	0.45	2.074	48.227
	0.50	1.866	53.585

从表2可知, θ 为 75° , τ 为0.15 s,敌士兵达到16.076 s/100 m,就可以不被击中。而有些青年士兵可以达到这个速度。通常,图像延迟加上其他延迟的 τ 为0.3 s,敌士兵达到32.151 s/100 m,就可不被击中,而青年士兵很容易达到这个速度。 θ 角为 60° 时,即使 τ 为0.1 s,敌士兵达到18.08 s/100 m,就可不被击中,而青年士兵一般可以达到这个速度。 θ 角为 45° 时,即使 τ 为0.08 s,只要敌士兵达到19.324 s/100 m,就可不被击中。

1.3 目标斜向跑动时 τ 对射击的影响

若敌方士兵斜向跑动,把目标俯视图简化成矩形 $abcd$,其 ab 和 X 轴的角度为 β 。

瞄准目标 A 点发射。由于图像延迟,子弹到达 A 点时士兵移动了 $\tau \cdot V_y$ 。从图4可知,如果线段 OA 和矩形 $a'b'c'd'$ 相交,则击中目标。临界时,有

$$\tau \cdot V_y - Th = \frac{W}{2} \operatorname{tg}(\theta + \beta)$$

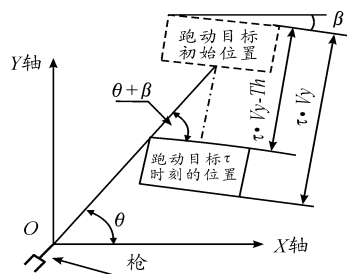


图4 目标竖向跑动时,机器人和目标的俯视图

限于篇幅,只列出 θ 为 60° , β 为 10° 和 θ 为 60° , β 为 -10° 的计算结果,如表3所示。

表3 目标斜向跑动时,延迟时间和临界速度的关系

$\theta/$ ($^\circ$)	$\beta/$ ($^\circ$)	延迟 时间/ s	临界速度 $Cr/$ ($m \cdot s^{-1}$)	临界速度 $Cr/$ ($s/100 m$)
60	10	0.04	18.651	5.362
		0.06	12.434	8.043
		0.08	9.325	10.724
		0.10	7.460	13.405 3
		0.15	4.974	20.107
		0.20	3.730	26.809
		0.25	2.984	33.511
		0.30	2.487	40.213
		0.35	2.132	46.916
		0.40	1.865	53.618
60	-10	0.45	1.658	60.320
		0.50	1.492	67.022
		0.04	11.261	8.880
		0.06	7.507	13.321
		0.08	5.630	17.761
		0.10	4.504	22.201
		0.15	3.003	33.301
		0.20	2.252	44.402
		0.25	1.802	55.502
		0.30	1.501	66.603
		0.35	1.287	77.703
		0.40	1.126	88.803
		0.45	1.001	99.904
		0.50	0.901	111.004

从表3可知, θ 为 60° , β 为 10° , τ 为0.15 s,敌士兵达到20.107 s/100 m,就可以不被击中。 θ 为 60° , β 为 -10° , τ 为0.10 s,敌士兵达到22.2 s/100 m,就可不被击中,而青年士兵容易达到20 s/100 m的速度。

1.4 结果分析

从上述计算结果可见,由于无人武器平台的图像传输延迟加上其他延迟,使延迟时间 τ 在0.10 s(100 ms)以上,用它射击移动目标时,如果直接瞄准目标,当目标较快地跑动时,很难击中目标。由于弹着点有散布性^[7,8],有时可能有子弹击中目标,但击中的概率不大。

2 提高军用机器人命中率的措施

由于无人武器平台无法避免图像传输延迟和其他延迟,对于快速跑动的目标,单发命中概率较低。

为了提高无人武器平台的命中率,可以考虑在瞄准时,加一个提前量,即瞄准跑动目标前方的一点。这种方法也有一些困难:由于目标有可能变速变方向跑动,所以提前量不容易计算;观察目标的方向和速度需要一定的时间;增加了瞄准的难度,因为瞄准一个有形的目标,比瞄准一个想象中的一点容易得多。由于这些困难,加提前量的瞄准方法虽然可以提高命中率,但不能确保命中。

在设计无人武器平台时,可考虑如下措施:

- 1) 装载的武器尽量选用机枪、冲锋枪等自动连发枪械,不采用不能连发的步枪或手枪;
- 2) 选配图像处理设备时,选取图像延迟时间较短的硬件和软件;
- 3) 研制专用的提前量计算软件。

3 结论

战斗人员在使用以枪械为武器的无人武器平台时,通常在远处通过监视屏瞄准目标。由于图像传输造成100~300 ms的延迟,监视屏上的图像是目标100~300 ms之前的图像,子弹到达瞄准时,目标已经做了100~300 ms时间的移动。

本文计算了在平坦开阔地带,对于不同的延迟时间 τ ,敌士兵能够逃脱击中的临界跑动速度。得出结论是:用无人武

器平台射击快速跑动的敌方士兵目标时,如果采用在监视屏上直接瞄准目标的方法,命中概率较低。

采用图2所示的坐标系;当目标运动方向和 X 轴平行时,即使有很好的图像设备, τ 为0.1 s,只要快步走就可逃脱。当目标在 Y 轴上跑动时,命中率与延迟时间无关。当目标沿着和 Y 轴平行方向跑动,其位置角 θ 与 X 轴角度越接近 90° ,逃脱击中的临界速度越高。该角度为 75° , τ 大于0.2 s时,目标容易逃脱。该角度为 60° , τ 为0.1 s时,目标就有可能逃脱, τ 为0.15 s时,目标很容易逃脱。该角度为 45° ,即使 τ 为0.1 s,目标也很容易逃脱。本文还用程序计算了目标斜向跑动时的逃脱击中的临界速度。

因此可以得出结论,以步枪、手枪为武器的无人武器平台的实用价值不如以机枪、冲锋枪为武器的无人武器平台。

今后还将针对复杂地形条件下,敌方士兵变速变方向变姿势的情况进行研究。

参考文献:

- [1] 李洪峰,崔小抗.对无人化装备发展与运用问题的思考[J].四川兵工学报,2013(34):47-48,52.
- [2] 李鹏,胡梅.国外军用机器人现状及发展趋势[J].国防科技,2013,34(5):17-22.
- [3] 王金梅,庞晓宾.地面无人作战平台武器系统技术分析及展望[J].兵工学报,2010(S2):163-166.
- [4] 曲巨宝,林宏基,梁洪涛,等.运动图像快速跟踪技术研究[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2011,28(1):44-48.
- [5] 刘速,孙伟峰,王洪君.目标跟踪系统在FPGA上的实时实现[J].西安电子科技大学学报:自然科学版,2012,39(5):168-173.
- [6] 陈波.实用人机工程学[M].北京:中国水利水电出版社,2013.
- [7] 张洪星,曹志刚,仲伪君.枪弹散布密集度指标[J].四川兵工学报,2013,34(4):33-35.
- [8] 田国辉,莫春华,杨娟.某型重机枪射击散布精度研究[J].四川兵工学报,2009,30(9):81-83.

(责任编辑 周江川)