

太原理工大学 RM 俱乐部

# 子弹测评报告



测试人: TRoMaC-王天宇 TRoMaC-朱迪

测试时间: 2016 年 1 月 2 日

报告撰写: 太原理工大学 RM 俱乐部 (TRoMaC)



## 摘 要

正值 2016 年元旦到来，收到了测试子弹，算得上一份最好的新年礼物。迫不及待展开测试工作，我们首先对新子弹做了物理特征和几何尺寸的测试，包括手感、形状、大小、重量、表面硬度和弹性等。进一步，我们通过发射机构对子弹的射击性能进行测试，其中包括了射击落点、杀伤力等，并根据测试数据计算出子弹速度，同时对新旧子弹进行了对比，对目前的射击机构进行了评估。

通过测试得到了新子弹与旧子弹的相似与不同的性能，并进一步为新的发射机构制作提供测试数据。

关键词: RoboMasters; 射击; 子弹

## 第一部分 外观及物理性质

首先我们对子弹进行了外观和物理性质的观察、感觉和测量。

### 1.1 外观

肉眼观察新款子弹颜色及大小和旧款子弹基本相同，新子弹略白，表面较软较光洁，手摸上去就能明显感觉软，有点类似触摸蜡丸的感觉，但子弹整体不会被捏得明显变形，用小刀轻划可以留下刀痕，而旧子弹就比较硬。新子弹有些可以看到上下两半之间的接缝痕迹，这可能也是导致在测量中子弹直径偏差的一个原因。

### 1.2 尺寸

整个子弹是球形，因此要测量每个子弹整个圆度并不容易，因此我们将每个子弹测量了三个互相正交的方向，如图 1-1，在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个方向测量了直径并进行统计，每颗子弹的每个方向都进行三次测量并取读书平均值为最后数据。

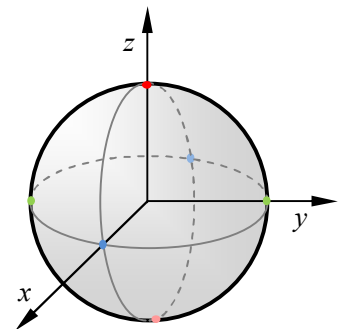


图 1-1 测量子弹的直径

测量工具：游标卡尺(如图 1-2)

采样数量：20 粒新子弹



图 1-2 测量直径使用的游标卡尺

测量结果见表 1-1。从表中我们可以看出来，所有子弹的尺寸平均值为 16.667mm。其中最小直径为 16.58mm，最大直径为 16.74mm，三个方向直径查值最大的是第 7 粒子弹的  $y$  轴尺寸和  $x$  轴尺寸，差距为 0.16mm，不超过子弹平均直径的 1%。

表 1-1 子弹直径测量数据 (单位:mm)

序号	x 轴直径	y 轴直径	z 轴直径	平均直径	MAX - min
1	16.62	16.74	16.60	16.653	0.14
2	16.68	16.70	16.70	16.693	0.02
3	16.68	16.66	16.68	16.673	0.02
4	16.68	16.70	16.68	16.687	0.02
5	16.64	16.62	16.64	16.633	0.02
6	16.66	16.72	16.68	16.687	0.06
7	16.58	16.74	16.60	16.640	0.16
8	16.68	16.70	16.62	16.667	0.08
9	16.72	16.68	16.70	16.700	0.04
10	16.70	16.68	16.68	16.687	0.02
11	16.64	16.64	16.60	16.627	0.04
12	16.64	16.68	16.66	16.660	0.04
13	16.74	16.66	16.68	16.693	0.08
14	16.62	16.72	16.70	16.680	0.10
15	16.70	16.68	16.68	16.687	0.02
16	16.62	16.70	16.68	16.667	0.08
17	16.66	16.70	16.70	16.687	0.04
18	16.64	16.66	16.62	16.640	0.04
19	16.68	16.72	16.70	16.700	0.04
20	16.60	16.58	16.58	16.587	0.02
平均直径				16.667	

注：游标卡尺精度为 0.02mm，因此所有测量值保留小数点后两位，通过计算得到的数值保留小数点后三位。

### 1.3 重量

我们使用精度为 0.01 克的电子秤(如图 1-3)对 50 粒子弹进行测量，测量分五组，每组 10 粒子弹进行。测量结果如表 1-2 所示。根据测量，50 粒子弹中，最重的子弹 2.60 克，最轻的子弹 2.40 克，平均重量 2.492 克。根据测试数据计算出子弹的重量偏差不超过  $\pm 5\%$ 。

测量工具：电子秤(精度 0.01 克)

采样数量：50 颗子弹分 5 组，每组 10 颗



图 1-3 电子秤测量子弹重量



表 1-2 子弹重量测量数据 (单位:克)

序号	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
1	2.50	2.50	2.48	2.48	2.48
2	2.50	2.50	2.50	2.48	2.45
3	<b>2.60</b>	2.50	2.48	2.50	2.45
4	2.50	2.45	2.50	2.55	2.45
5	2.50	2.48	2.45	2.50	2.50
6	2.53	<b>2.40</b>	2.48	2.50	2.55
7	2.53	2.45	<b>2.40</b>	2.45	2.50
8	2.55	2.50	2.43	2.55	2.55
9	2.55	2.55	2.48	2.48	2.58
10	2.50	2.50	2.50	2.45	2.43
平均值	<b>2.525</b>	<b>2.483</b>	<b>2.468</b>	<b>2.493</b>	<b>2.493</b>
平均重量					<b>2.492</b>

注:使用的电子秤精度为 0.01 克,所以表中测量得到的数据保留小数点后两位,计算得到的数据保留小数点后三位。

#### 1.4 弹性

弹性测试没有用仪器进行定量测试,我们用自由落体方式对子弹进行了弹性测试,并对比了新旧两款子弹的弹性。新款子弹由于表面较软,因此落地后经过缓冲,弹起高度不高,可看到明显持续弹起 4-5 次,第一次弹起大约比释放高度三分之一低;相比较而言,旧款子弹的弹性极好,落地后第一次弹起可以超过释放高度的 50%,并且可以持续且明显弹跳 5 次以上。具体测试可以看稍后我们发布的测试视频。

## 第二部分 射击性能测试

子弹最终要被发射出去，因此我们使用去年的一辆步兵车发射机构，对新款子弹的发射特性进行了射速、射距和落点的测试。

### 2.1 射速和距离

子弹的飞行速度并不好测试，但是飞行速度可以根据子弹第一落点的距离通过抛物线公式近似计算得到（没有考虑空气阻力等）。我们用去年步兵车的发射机构进行了发射测试，对新旧款子弹的第一着地点进行了测量，得到表 2-1 数据。

测试工具：15 赛季发射机构、皮尺（精度 1cm）

采样数量及方法：21 粒新款子弹，第一粒发射 4 次记录距离；其余 20 粒每粒发射一次统计落点位置；旧款子弹发射 6 次统计落点位置。

表 2-1 子弹发射第一落点测量数据 (单位:cm)

序号	旧款子弹	第一发子弹	其他新款子弹单发				
1	564	559	525	502	484	502	535
2	528	579	508	450	535	527	515
3	505	546	543	577	554	577	577
4	475	524	529	507	452	439	625
5	536	第一发均值	20 发单独发射距离均值				
6	552	552	523.2				
平均值	526.7		524.5				

注：新款子弹落点距离平均值的计算方法是第一发子弹的平均值作为第一发子弹的落点距离，与其他 20 粒子弹的落点值相加除以 21 求得。

从表中看到，旧款子弹的落点位置平均值为 526.7cm，最远的 564cm，最近的 475cm，新款子弹落点平均距离为 524.5cm，最远距离 625cm，最近距离 439cm。从测试结果来看，新旧子弹落点距离的平均值相近，但是新子弹偏差范围比旧款子弹大一些，由于测试中的因素较多，所以原因还需要进一步测试，有可能是测试采样的原因也有可能是子弹固有特性或子弹特性与发射装置配合的原因。日后的测试会用不同发射机构测试，并扩大采样范围记录更多的测试数据以得到比较明确的原因。

另外，由于我们选用枪口水平向前发射，根据自由落体公示

$$v = \sqrt{\frac{1}{2}(g/h) \cdot l}$$

其中  $v$  为子弹平均速度,  $l$  为落点距离,  $h$  为枪口高度(22cm, 水平射击),  $g$  为重力加速度, 取  $9.8\text{m/s}^2$ . 由表 2-1 数据可以算出旧款子弹飞行速度  $v_{15}=24.86\text{m/s}$ , 新款子弹飞行速度  $v_{16}=24.75\text{m/s}$ .

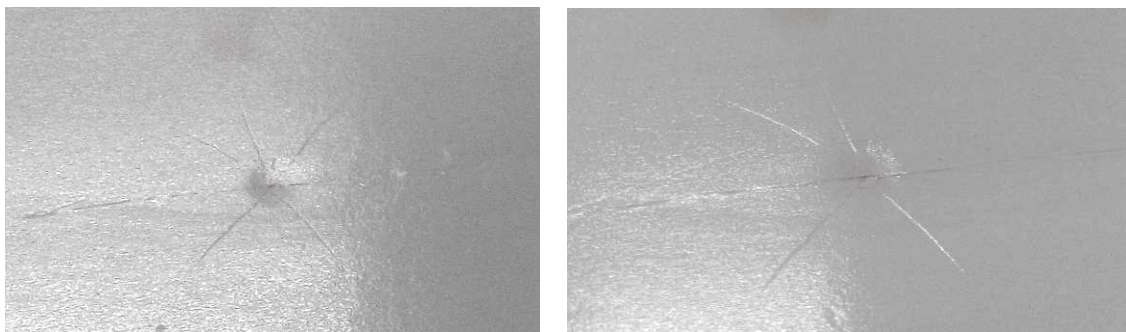
由于装置限制, 只能测试子弹飞行距离和速度, 没有考虑空气阻力等因素对子弹飞行的影响, 无法测试两款子弹初速度的差异, 在今后的测试中会用激光发射接收管测试两款子弹出口速度, 以判别子弹运行的更多特性。

## 2.2 子弹杀伤力和射击精度

子弹射击精度和杀伤力的测试需要大量采样和装置才能做比较精确地定量测量, 由于时间紧、装置准备不足, 这次对子弹射击精度和杀伤力的测试主要是定性测试, 通过感官判断。

测试方法: 距离射击装置 2.5 米处, 垂直放置 KT 板, 水平射击, 观察新旧两款子弹在 KT 板上留下的弹坑。

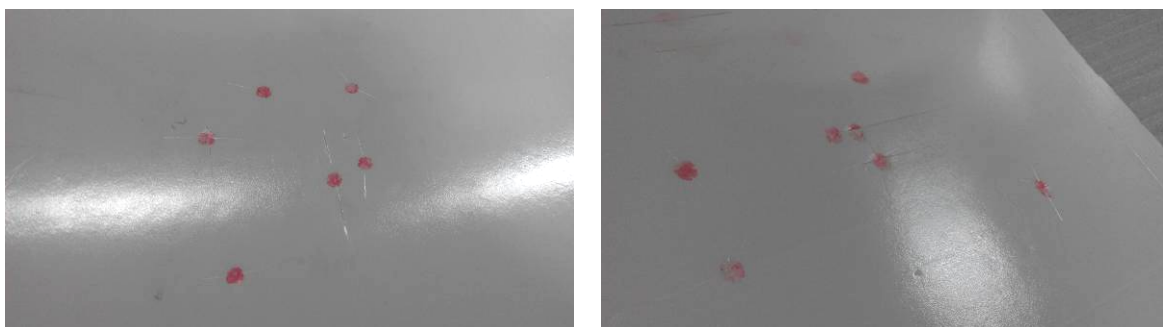
图 2-1 是新旧两款子弹打击 KT 板后留下的弹痕。图(a)为旧款子弹在 KT 板上留下的弹痕, 弹坑较深, 轮廓较清晰, 弹坑周围 KT 板的裂纹较深较清晰, 但长度较短; 图(b)是新款子弹在 KT 板上留下的弹痕, 弹坑较浅, 边缘较模糊, 弹坑周围 KT 板的裂痕不明显、不深, 但是长度较长。



(a) 旧款子弹打击 KT 板留下的弹坑

(b) 新款子弹打击 KT 板留下的弹坑

图 2-1 子弹打击 KT 板留下的弹坑



(a) 旧款子弹的弹坑分布

(b) 新款子弹的弹坑分布

图 2-2 子弹打击 KT 板留下的弹坑分布状况

从图 2-2 来看，旧款子弹和新款子弹的射击精度基本相同，但是旧款子弹弹坑的分布较均匀，如图 2-2(a)。新款子弹分布不太均匀，呈正态分布，有个别子弹偏差较大，如图 2-2(b)。这一现象和之前测试的子弹射击第一落点距离数据可以相互印证，目前尚未得出造成这一现象的原因，初步判断可能跟子弹上下半球接缝有关，或者由于表面有一定弹性形变导致发射机构不匹配。弹着点的测试过程稍后会有视频发布。

在整个射击测试过程中新旧子弹均未出现卡弹现象。





### 第三部分 结论

本次测试由于时间紧迫，没有做更多的采样测试和数据统计，有些测试因为没有针对性的装置和工装，只能进行定性测试，无法进行数据分析，这是本次测试的遗憾，在接下来的时间内，还将继续针对新子弹的特性进行大量测试，采集和分析数据，并提供适应新款子弹性状的发射机构调整方案。

测试中，新款子弹的外观、尺寸和重量与旧款子弹基本类似，新款子弹在重量和尺寸上的特性表现良好，误差较小，但有一部分新款子弹的上下半球的接缝不齐可能会对子弹的特性造成一定影响。

新款子弹在弹性上与旧款子弹差异较大，新款子弹表面有一定弹性，因此在碰撞时不是完全弹性碰撞，子弹在撞击后，飞溅和反弹伤害明显降低，这对于比赛和训练都是有益的。

从射击情况来看，飞行距离和速度与旧款子弹差别也不大，可能会有细节差异。为了观察弹着点分布和弹痕状况，测试使用的是 KT 板，本身是软的，这与正式比赛时用的装甲有区别，因此，子弹在打击到坚硬装甲上造成的伤害与旧款子弹的区别还有待于进一步测试，子弹对薄弱点传感器的影响也有待于在后续工作中进行定量测试。

测试子弹射击精度应该是一个反复测试的过程，本次测试，使用的是去年比赛的发射机构，因此新款子弹的测试结果并不一定能代表本身特性，只能说明在旧发射机构下与新款子弹配合的测试结果，因为新款子弹表面有小范围变形且部分子弹有上下半球接缝不齐的现象，所以我们分析，在精度和距离测试中出现的个别较大偏差极有可能是这两方面带来的摩擦轮接触或枪膛接触导致的特殊情况。接下来，将根据新子弹的特性，制作有针对性的发射机构，进行长期大量的测试，争取充分发挥新款子弹的性能，提高精度、稳定性和杀伤力。

本次测试时间仓促，加之我们能力有限，部分采样数据不够丰富，因此有很多不足和遗憾，希望大家批评指正！在整个测试和报告撰写过程中我们力求客观和详实，争取给大家传递准确信息，并本着我们团队一贯秉承精益求精的精神，实现我们给大家一份详实测试报告的承诺。这份报告仅仅是测试的开始，不是终点，在今后的工作中我们还将测试更多的条件(包括温度变化等)对子弹特性的影响，并继续给大家分享我们的测试进展，也希望这篇报告能够抛砖引玉，能给大家提供一些有用信息，带来更多的新发现和新思想。

最后要特别感谢本次测试的参与队员，尤其要感谢太原工业大学 RM 团队一直以来对我们提供的帮助与支持！