

对Minecraft中一键式TNT大炮性能的研究

唐云龙

(南方科技大学, 2020春季学期写作与交流11班)

摘要: Minecraft中TNT大炮的性能主要由射程和破坏力表征, 玩家们通过不断摸索, 不断建造出射程更远、破坏力更强的TNT大炮, 但是摸索显得盲目. 此次研究以一键式TNT大炮为例, 采用了预实验-定性分析-定量建模-收集数据-计算的研究方法, 选取射程作为TNT大炮性能的主要表征, 结合游戏中的物理, 在对预实验结果分析的基础上, 建立了一个完整的一键式TNT大炮的建造方案的模型, 记作 $T(L, h)$, 其中 L, h 为玩家可调整的参数. 最后通过在游戏中进行数据收集与分析, 代入模型中计算, 得到了可能的最佳建造方案.

关键词: Minecraft; TNT大炮

Research on the Performance of Single Shot TNT Cannon in Minecraft

Yunlong Tang

(SUSTech, Writing and Communication Skills Class 11 in Spring Semester, 2020)

Abstract: The performance of TNT cannon in Minecraft is mainly characterized by range and destructive power. Through constant exploration, players keep building TNT cannon with longer range and stronger destructive power, but the exploration seems blind. The study Single Shot TNT cannon, for example, using the pre experiment, qualitative analysis and quantitative modeling, data collection, calculation methods, selection range as the main representation of TNT artillery performance, combined with the physical game, on the basis of the analysis of experimental results of forecast, set up a complete Single Shot TNT built model of artillery, denoted by $T(L, h)$, where L, h for the players can adjust parameters finally through data collection and analysis in the game, and back to the model of calculation, get the best possible solution build.

Key words: Minecraft; TNT cannon

0.引言

Minecraft是一款风靡全球的沙盒游戏, 中文译名为《我的世界》, 游戏营造了虚拟的三维像素世界, 玩家可通过生成和破坏方块的方式自由地改变该虚拟世界, 自由度极高, 玩法较多. 建造TNT大炮是该游戏创造模式中的常见玩法, 经玩家不断探索, 射程更远、破坏力更强的TNT大炮被建造出来. 但是不断地摸索显得盲目, 此次研究将以一键式TNT大炮^[1]为例, 用分析、建模、测量、计算的方法, 寻找TNT大炮的最优建造方案.

一键式TNT大炮是Minecraft中最简易的一类TNT大炮^[2], 仅以TNT、水、红石、红石中继器、按钮、一种实体方块和台阶为材料建造, 具有按钮控制发射、单次发射一枚TNT、可垂直扩展、可重复使用、需手动填装等特点^[3]. 由于耗材相对少、建造过程简单, 被玩家们大量使用, 但是在建造或使用一键式TNT大炮的过程中, 结构、TNT用量、点火时间控制等细微的差别, 往往导致TNT大炮表现出不同的性能^[3]. 本研究对影响一键式TNT大炮性能的因素进行了预实验, 对预实验定性分析, 参考效能评估的基本理论^[4], 结合对TNT大炮发射原理建立物理模型, 然后进入游戏中测量所需的物理

量，最后代回到模型中计算，得到潜在的最优建造方案。

1. 一键式TNT大炮简介

1.1 一键式TNT大炮的定义

它是Minecraft中仅以TNT、水、红石、红石中继器、按钮、一种实体方块和台阶为材料建造的TNT大炮，具有按钮控制发射、单次发射一枚TNT、可重复使用、需手动填装等特点。

1.2 对所需材料的说明

(a)TNT：占体积1div(格，可以作为长度、面积、体积单位)，在未点燃时为实体方块，可被打火石、红石、红石开关点燃，点燃后原位置的实体方块TNT消失，出现一个无法选中的非实体方块，外形仍然为TNT,但是不断闪烁，数秒后爆炸，爆炸会产生冲击波并会对周围方块造成破坏，击飞附近生物并造成伤害，若该TNT附近存在其他TNT，则该冲击波会直接引爆附近的未点燃的TNT，已点燃但还未爆炸的TNT则会被弹飞。若是在水中燃放，点燃后的TNT会沿水流方向流动，爆炸后不会破坏方块也不会对生物造成伤害，但是冲击波仍然存在，该冲击波不会击飞生物，却可以弹飞已经点燃但还未爆炸的TNT。

(b)水：水为物品时由铁桶装载，使用铁桶点击地面即可将水倒出，水会以倒出位置为中心向四周和下方蔓延，在平面上蔓延半径不超过7div(蔓延直径为15div，除去中心，认为半径为7div),掉落物品或者点燃的TNT会沿水流方向移动；水会吸收TNT的爆炸伤害，但不会吸收冲击波。

(c)红石：占地1div，类似现实中电路或电线，可铺在实体方块表面，由红石开关激活后可传输信号至与红石线接通的实体方块或红石物品，红石物品也会被激活并触发相应的功能。红石信号随传输距离而减弱，超过一定距离信号中断，一般是15div，但可以使用红石中继器延续信号；相邻方块上的红石线会自发相连。

(d)红石中继器：占地1div，类似现实中的二极管，单向传输红石信号，可以延续红石信号，输入衰减的红石信号可在输出端得到未衰减的红石信

号；红石信号经过时会有延时，有四个挡位，用于控制红石信号经过时的延迟. 另外中继器还可用于阻止相邻的红石线自发相连.

(e)按钮：一种红石开关，可用于激活TNT在内的红石物品，信号范围为1div，分为木制和石制两种，其中木制按钮延迟较大，故研究中使用石制按钮。

(f)选择石英作为炮身材料无特殊原因，只要是可铺设红石的实体方块都可使用。

1.3 一键式TNT大炮三视图



Figure 1: 侧视图



Figure 2: 俯视图

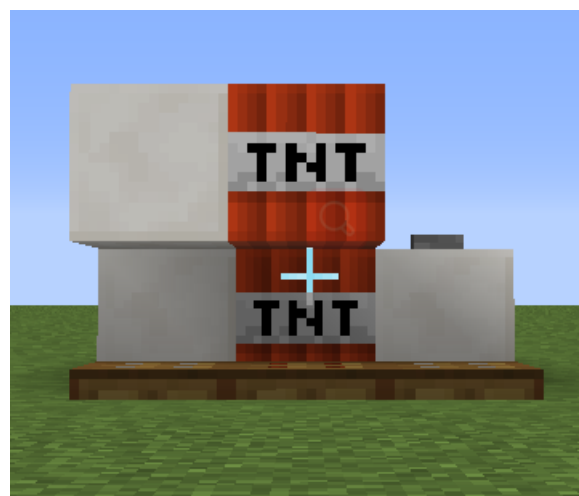


Figure 3: 正视图

1.4 TNT大炮的基本原理

TNT大炮利用了如下性质对实现发射TNT:

- (a) TNT点燃后不会立即爆炸，先点燃的TNT先爆炸，产生的冲击会将后点燃但未爆炸的TNT弹飞。
- (b) 利用中继器可以制造点燃TNT的时差。
- (c) 点燃的TNT在水中爆炸不会破坏周围的方块(确保装置可重复使用)
- (d) 点燃的TNT会沿水流方向移动，并聚集在一起(冲击可叠加)
- (e) TNT点燃后的下落符合自由落体定律。

点击按钮后，直接与按钮连接的红石线被激活，槽中的TNT会先被附近的被激活的红石线点燃，并随水流流至U形槽开口处；红石信号经红石线输入红石中继器，在一段经历一段延迟后，置于炮口处用于发射的TNT才被点燃，它受到先点燃的TNT爆炸的冲击后飞出；由于水的存在，爆炸不会对装置造成破坏，重新填装TNT后可再次使用。其中槽中被先点燃的TNT称为推进剂，被发射出去的TNT称为炮弹。

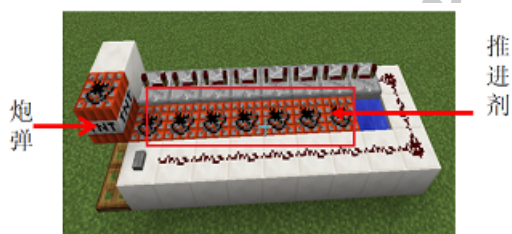


Figure 4: 炮弹与推进剂示意图

2.研究方法

2.1 预实验与定性分析

首先进行的是预实验. 进入游戏，搭建仅有单层推进剂的一键式TNT大炮，从推进剂数量为1开始逐个增加，进行试射. 预实验仅用于定性分析推进剂数量与射程的关系，如图，随着推进剂数量由1增加到7,射程不断提升，故先定性分析得出射程与推进剂数量呈正相关(图中有用红石线标注的弹坑序号).

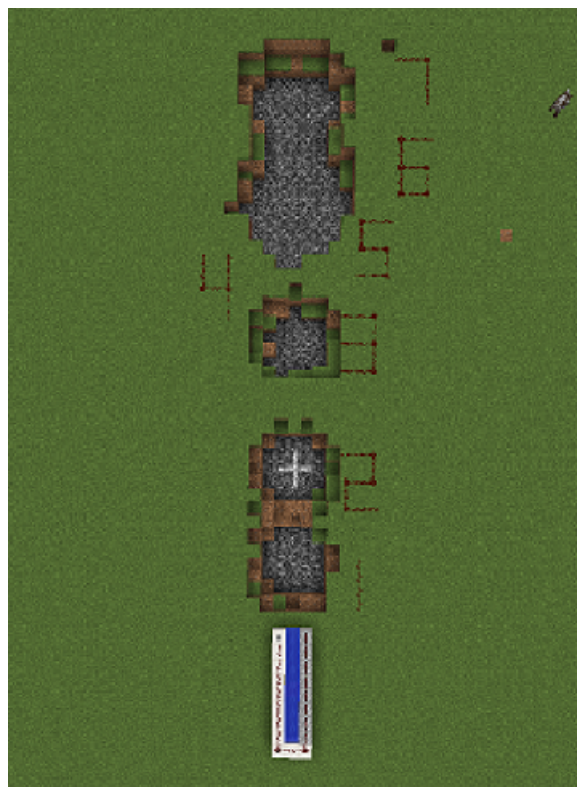


Figure 5: 预实验结果图

2.2 定量分析、建模

一键式TNT大炮性能主要由射程表征，设射程为D. 预实验表明，射程D随推进剂用量的增加而增加，但射程不可能随推进剂用量无限增长，也不是所有的推进剂都参与了对炮弹的推动。

2.2.1 冲击半径和有效推进剂用量

如图，在平地上点燃的TNT产生的弹坑的半径称为冲击半径，设为 r ，TNT爆炸时，在该半径以内的被点燃的TNT才会被冲击弹飞。

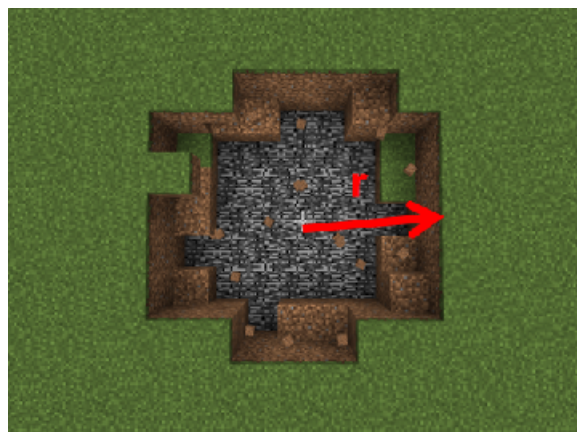


Figure 6: 冲击半径示意图

若作为推进剂的TNT距离炮弹过远，那么在炮弹进入推进剂的冲击半径 r 之前，推进剂就已经爆炸，对炮弹的推进没有任何贡献，称其为非有效推进剂；否则称为有效推进剂。所以对远端的推进剂位置的把握十分关键。

2.2.2 参数L

根据Minecraft wiki官方文档，方块随水流流动为匀速，故作为推进剂的TNT流速可测量，设为 v ，设 L 为距离炮弹最远的推进剂被点燃之前所在位置到炮弹之间的水平距离、推进剂TNT从点燃到爆炸的时间间隔为 t_0 ，先考虑单侧推进剂，令 t_0 等于推进剂TNT在水中移动 $(L-r)\text{div}$ 所经过的时间 t_1 ，则有

$$t_0 = t_1 = \frac{L-r}{v} \quad (1)$$

2.2.3 参数h

现在考虑多层结构。

根据Minecraft wiki的官方文档，重力加速度为定值，故从高层点燃后的TNT受重力加速度可测，设为 g ，设 h 为最高层推进剂到最低层的高度，取值为1, 3, 5, 7..., 游戏中自由落体定律对点燃的TNT适用，设重力加速度为 g ，推进剂TNT从 h 高处点燃至落地经过时间为 t_2 ，则有

$$g = \frac{2h}{t_2^2} \quad (2)$$

在 t_0 中引入和 h 有关的项. 令 $t_0 = t_1 + t_2$ ，于是

$$t_0 = \frac{L-r}{v} + \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (3)$$

将(3)式变形可得到 h 与 L 的关系式

$$h = \frac{g[L - (vt_0 + r)]^2}{2v^2} \quad (4)$$

2.2.4 建造方案 $T_0(L, h)$

用符号 T_0 表示一键式TNT大炮，根据一键式TNT大炮的定义及以上分析可知，一键式TNT大炮的建造方案可由 L 和 h 两个参数确定，所以用 $T_0(L, h)$ 表示其建造方案。

设 n 为有效推进剂用量， n 、 L 、 h 满足如下关系：

$$n = \frac{(h+1)L}{2} \quad (5)$$

由(4)(5)可得到 n 与 L 的关系式

$$n = \frac{gL[L - (vt_0 + r)]^2}{4v^2} + \frac{L}{2} \quad (6)$$

因为游戏中一格水产生的水流极限半径为 7div ，所以有 $1\text{div} \leq L \leq 7\text{div}$ 。

故对 L 从1到7赋值求 n ，找到 n 的峰值 n_{max} 对应的 L_s ，再由(4)式解出对应的 h 值 h_s ，即可确定一键式TNT大炮的最优建造方案 $T_0(L_s, h_s)$ 。

2.3 测量与数据收集

2.3.1 需要测量的数据

由(6)式可知，还需要在游戏中测量的量有：

- (a) TNT从点燃到爆炸的时间间隔 t_0 (单位: s).
- (b) TNT在水中的移动速度 v (单位: $\text{div} \cdot \text{s}^{-1}$).
- (c) TNT爆炸的冲击半径 r (单位: div).
- (d) 游戏中的重力加速度 g (单位: $\text{div} \cdot \text{s}^{-2}$).

2.3.2 TNT点燃到爆炸的时间间隔 t_0 的测量及结果

测量方法：在平地上放置TNT，TNT上安装按钮，利用手机秒表计时(精度为0.01s)，掐表的时机为按下按钮瞬间和炸弹爆炸瞬间，记录十组数据并求平均值。

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果(s)	4.23	4.18	4.20	4.21	4.25
平均值 \bar{t}_0	6	7	8	9	10
4.23	4.26	4.20	4.30	4.29	4.19

所以TNT点燃到爆炸的时间间隔为4.23s。

2.3.3 TNT在水中的移动速度 v 的测量及结果

测量TNT在水中运动经过4div所需时间，设为 t_1 ，代入 $v = \frac{S}{t_1}$ 计算，其中 $S=4\text{div}$ 。

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果(s)	3.63	3.54	3.54	3.52	3.46
平均值 \bar{t}_1	6	7	8	9	10
3.54	3.45	3.69	3.51	3.56	3.50

代入公式计算：

$$v = \frac{S}{\bar{t}_1} = \frac{4\text{div}}{3.54\text{s}} = 1.13\text{div} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7)$$

所以TNT在水中的移动速度为 $1.13\text{div} \cdot \text{s}^{-1}$

2.3.4 TNT爆炸的冲击半径r的测量及结果

进行平地爆炸实验，每次测得的直径均为7div和8div，故取平均

$$r = \frac{(7+8)div \times 0.5}{2} = 3.75div \quad (8)$$

所以冲击半径为3.75div

2.3.5 游戏中的重力加速度g的测量及结果

测量方法：将TNT在20div高处点燃，利用手机秒表计算下落20div所需时间，设为 t_2 ，求出平均值 \bar{t}_2 ，再利用公式

$$g = \frac{2h}{\bar{t}_2^2} \quad (9)$$

计算出重力加速度,其中 $h=20div$.

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果(s)	2.23	2.29	2.28	2.31	2.34
平均值 \bar{t}_2	6	7	8	9	10
2.28	2.22	2.24	2.31	2.30	2.26

所以

$$g = \frac{2h}{\bar{t}_2^2} = \frac{2 \times 20div}{(2.28s)^2} = 7.69div \cdot s^{-2} \quad (10)$$

故游戏中的重力加速度为 $7.69div \cdot s^{-2}$

参考文献

- [1] <https://minecraft.gamepedia.com/TNT>
- [2] <https://minecraft.gamepedia.com/Minecraft>
- [3] https://minecraft.gamepedia.com/TNT_cannons
- [4] WANG Baogui, ZHANG Chen. Research on Evaluation Method of Artillery System Effectiveness[D]. Beijing Institute of Tracking and Telecommunications Technology, 2010.

2.4 将数据代入模型中计算

将已经得到的 $g = 7.69div \cdot s^{-2}$, $t_0 = 4.23s$, $r = 3.75div$, $v_0 = 1.13div \cdot s^{-1}$ 代入(6)式，并对L从1到7赋值，得到如下表格(n的值四舍五入取整，h的值优先取奇数)：

L(div)	1	2	3	4	5	6	7
n	86	128	140	125	96	61	28
h(div)	171	127	91	63	37	19	7

由表可知，当 $L=3div$ ， $h=92$ 时，n取得最大值140。所以最佳的建造方案 $T_0(L_s, h_s)$ 为 $T_0(3, 92)$ 。

3.结论

此次研究中，以一键式TNT大炮为例，用射程表征其性能。预实验定性表明射程D与有效推进剂用量n呈正相关；通过定量分析，引入参数L和h建立模型 $T_0(L, h)$ ；进入游戏中多次测量，获得 t_0, r, v, g 等关键数据，并代入模型计算，得到一键式TNT大炮建造的最佳方案 $T_0(3, 92)$ 。该结果将为玩家在Minecraft中建造射程更远的TNT大炮提供理论指导，可能为游戏中其他类似的虚拟对象研究提供启发。