

探究电脑游戏《红色警戒》中的电磁炮武器在现实生活中的实用性



作者：张易中 学院：地空
学号：PB17071502



提纲

- 1.电磁炮的理论分析
- **2.对于电磁炮效率的测量（重点）**
- 3.电磁炮的实际应用的理论计算
- **4.电磁炮的特性（重点）**
- 5.结论

- 电磁炮是一种基于电磁理论的特殊电磁武器。
- 世界各国都投入大量财力研制，至今未入役！
- 电磁炮的实用性引发争议！

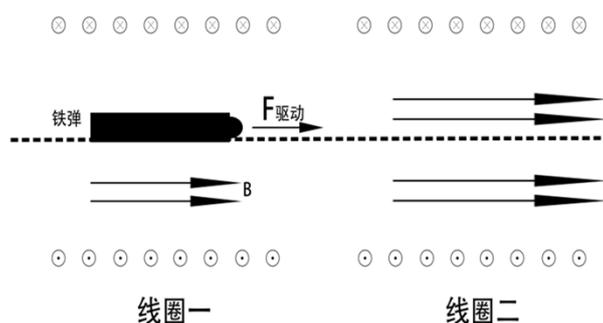
本文不同于其他论文
研究的不是可行性以及原理方面
而是
进行下一步研究
是它的实用性的探讨！

何谓实用性？

- 可行性：偏于理论方向，仅仅考虑我们投入了能量是否可转化为动能
- 仅仅是看投入的能量是否可以转化为子弹的动能
- 实用性：偏向于实际应用方向。在已经知道可转化为子弹动能的情况下，再做一步，看有多少可以转化为子弹的动能。
- 二者研究的东西截然不同！



电磁炮的原理



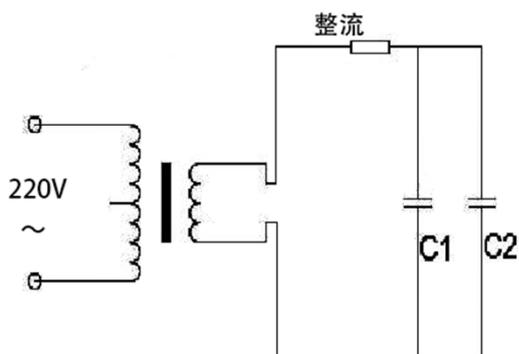
对于铁磁质： χ 很大（磁化率）

- 且 $M = \chi(H)H$ (H 可经过线圈加到很大) (M 为磁化强度)
- 又 $\mu = VM = V\chi(H)H$ (磁矩)
- 所以由
$$F = \frac{dB(Z)}{dZ} \times \mu = \frac{dB(Z)}{dZ} \times V\chi(H)H$$

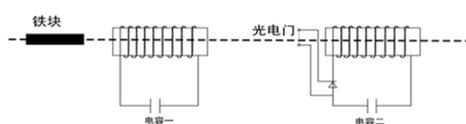
可得：只要是铁磁质，位置适中，强磁场，所获得的动力是很大的！

电磁炮的构造

- 充电部分
- 利用变压器的放大原理对电容进行充电



发射单元



两个元件组成

接触到光照时，低电平开路不通电

不接触到光照时，高电平断路通电加速（光电门的性质）

实验部分

- 测量电磁炮的效率
- 如何测量？
 - 投入的总电量 \leftarrow 充电电池的充电时间
 - 子弹的总动能 \leftarrow 子弹的射程
 - 效率 $\mu = \text{子弹的总动能} / \text{投入的总电量}$

测量结果

- 1. 取 $N=65$, 仰角为 45° 时
 - (N 为电磁炮弹的击发次数)
- 2. 射程的测量
 - 取平均后有
 - $X=50.5\text{m}$
- 3. 单个炮弹的质量的测量
 - 电子天平读数为
 - $m=5.6\text{g}$

- 4.功率的测量
 - 由厂家提供的数据
 - $U=3.7V$
 - $I=500mA$
- 5.效率的计算
 - $0.09\ln P + 0.49 = 54.5\%$
- 6.充电时间
 - $t=67min=4020s$

理论计算

对于物块平斜抛的分析
 有 $V_x = V_0 \sin 45^\circ$ $V_y = V_0 \cos 45^\circ$
 在竖直与水平方向上均受空气阻力 f_u 与 f_x
 其中有 $f = -\frac{1}{2} C_D \rho S v^2$, $\rho = 1.273 \text{ kg/m}^3$, $C_D = 0.5$
 又 $m g \geq f_x$ $\therefore F_{11} = m g$
 $f_{11} = -\frac{1}{2} C_D \rho S v^2$
 $\Rightarrow t = \frac{2V_0 \sin 45^\circ}{g}$, $A_{11} = -\frac{C_D \rho S}{2m} v^2$
 对于 S, 有 $L = 25 \text{ mm}$, $d = 6 \text{ mm}$ $\therefore S = L d$
 又钢钉在击发的过程中为转动
 $\therefore S_{\text{等效}} = \frac{S}{12} = \frac{L d}{12}$
 称质量可得 $m = 5.6 \times 10^{-3} \text{ kg}$
 \therefore 有 $\frac{C_D \rho S}{2m} = \frac{\frac{1}{2} \times 1.273 \text{ kg/m}^3 \times \frac{25 \times 6 \times 10^{-6}}{12}}{5.6 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 6.12 \times 10^{-3}$
 \therefore 有 $A_{11} = -6.12 \times 10^{-3} v^2$
 不妨设水平初速度为 $V_0 = V_0 \cos 45^\circ = V$
 有 $dV = 6.12 \times 10^{-3} v^2 dt$
 $\frac{1}{V^2} dV = 6.12 \times 10^{-3} dt$
 $\frac{1}{V_0} - \frac{1}{V} = 6.12 \times 10^{-3} t$
 有 $V(t) = \frac{1}{6.12 \times 10^{-3} t + \frac{1}{V_0}}$
 $\therefore X = \int_0^t V(t) dt = \int_0^t \frac{1}{6.12 \times 10^{-3} t + \frac{1}{V_0}} dt$
 $= \frac{\ln(6.12 \times 10^{-3} t + \frac{1}{V_0})}{6.12 \times 10^{-3}} = \frac{\ln(6.12 \times 10^{-3} V_0 t + 1)}{6.12 \times 10^{-3}}$
 将数据代入, 有
 $X = \frac{\ln(6.12 \times 10^{-3} \times 1.6 \times 10^3 \times \frac{2.7 \times 10^{-2}}{12} + 1)}{6.12 \times 10^{-3}}$

$\Rightarrow t = \frac{2V_0 \sin 45^\circ}{g}$, $A_{11} = -\frac{C_D \rho S}{2m} v^2$
 对于 S, 有 $L = 25 \text{ mm}$, $d = 6 \text{ mm}$ $\therefore S = L d$
 又钢钉在击发的过程中为转动
 $\therefore S_{\text{等效}} = \frac{S}{12} = \frac{L d}{12}$
 称质量可得 $m = 5.6 \times 10^{-3} \text{ kg}$
 \therefore 有 $\frac{C_D \rho S}{2m} = \frac{\frac{1}{2} \times 1.273 \text{ kg/m}^3 \times \frac{25 \times 6 \times 10^{-6}}{12}}{5.6 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 6.12 \times 10^{-3}$
 \therefore 有 $A_{11} = -6.12 \times 10^{-3} v^2$
 不妨设水平初速度为 $V_0 = V_0 \cos 45^\circ = V$
 有 $dV = 6.12 \times 10^{-3} v^2 dt$

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA
 中国科学技术大学
 地址: 中国安徽省合肥市 电话: 0551-63602184 传真: 0551-63601788 邮编: 230026
 $\therefore \eta = \frac{\Delta W_E}{P E I} = \frac{\Delta N \cdot 4.48 (2.7 \times 10^3)^2 \times 5}{0.777 \times 10^3 t} = 4.48 \frac{\Delta N}{t} (C_D \rho L d \sin^2 45^\circ)$
 其中 $P_{\text{电}} U_{\text{电}} I_{\text{电}} = 3.7V \cdot 500mA = 1.85W$
 $\eta = 0.07 \ln P + 0.49 = 54.5\%$
 由数据可得, $U_{\text{电}} = 3.7V$, $I_{\text{电}} = 500mA$
 代入可得 η 与 ΔN , X , t 的关系
 即为 (2) 式
 所以若想知道电磁炮的效率, 只需测量 ΔN , X , t 即可

结论

- 电磁炮的效率大概有1.7%左右！

研究电磁炮的实用性

- 中国人民解放军152型岸防炮
- 弹径：152mm
- 弹长：800mm
- 射程：12.4km

- 给电磁炮供电的装置为小型火力发电机，功率大致为90万千瓦



理论计算

- 令射程为200km，有：

若使射程达到200km
 则大致估计以45°仰角
 对于初速的计算，将S代入，
 $k = \frac{CpS}{2m} = 5.13 \times 10^{-5} \times \frac{1}{2} = 1.026 \times 10^{-5} (C^2 \cdot 0.1)$
 \therefore 有 $V_0 = \sqrt{\frac{2(10^3 + 3.1026 \times 10^5)}{1.026 \times 10^{-5}}}$ (A)
 将 $X = 2 \times 10^5$ m 代入
 $V_0 = 2.545 \times 10^3$ m/s
 $E = \frac{1}{2} m V_0^2 = 3.67 \times 10^8$ J

设充电时间为t
 有 $P \cdot t = 3.67 \times 10^8$ J
 $\Rightarrow t = 24$ s

- 使射程达到200km的中程距离，仅仅只需24秒！

- 中国海军130式舰炮
- 弹径：130mm
- 弹长：650mm
- 射速：0.5s/枚
- 射程：30km



- 中国海军055式导弹驱逐舰
- 锅炉数：4台
- 功率：25000kw/台
- 传输效率：90%



理论计算

理论计算

$m = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L \cdot \rho = 67 \text{ kg}$

若军舰的50%功率用于此

单个炮弹的出膛速度

为 $v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 70\% \times 4 \times 25 \times 10^3 \times 1.2\%}{67}} = 2437 \text{ m/s}$

飞行时间: $t = \frac{200242 \text{ V}}{2} = 308.4 \text{ s}$

2018-6-7 22:06

传递效率: 90%

$f = -\frac{1}{2} c \rho s v^3$

将数据代入

C取0.1, ρ 取 1.29 kg/m^3 , $S = \frac{\pi d^2}{4} = 0.013 \text{ m}^2$

\therefore 有 $f = -8.56 \times 10^{-10} \text{ V}^3$

$\Rightarrow a = \frac{f}{m} = -1.28 \times 10^{-5} \text{ V}^2 = \frac{dv}{dt}$

令 $k = 1.28 \times 10^{-5}$

有 $-k dt = \frac{1}{v^2} dv$

$-k dt = \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v(t)}$

2018-6-7 22:06

$\Rightarrow a = \frac{f}{m} = -1.28 \times 10^{-5} \text{ V}^2 = \frac{dv}{dt}$

令 $k = 1.28 \times 10^{-5}$

有 $-k dt = \frac{1}{v^2} dv$

$-k dt = \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v(t)}$

$\Rightarrow v(t) = \frac{1}{\frac{1}{v_0} + kt}$

\therefore 有 $dx = v(t) \cdot dt$

$\Rightarrow X = \int_0^t \frac{1}{\frac{1}{v_0} + kt} dt = \frac{1}{k} \ln(1 + kv_0 t)$

2018-6-7 22:06

中国科学技术大学

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA

将 $t = 308.4 \text{ s}$ 代入

得: $X = 1.51 \times 10^5 \text{ m} = 151 \text{ km}$

查阅资料可得,

130式的舰炮射程为 30 km

因此其电磁炮的威力将远远大于常规炮弹

因此,电磁炮在效率上也显著提高!

2018-6-7 22:06

结论

- 相同的时间内，射程增加了约五倍！

结论

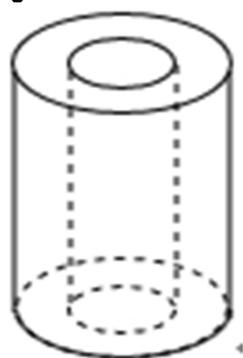
- 电磁炮具有超大的射程
- 传统炮弹的射程受自身弹体的限制
- 电磁炮的能量来源于外电路，不受自身弹体的束缚，因此理论上能量能加到很大

- 能量的可叠加性

3.电磁炮的一些创新式拓展

- 1.电磁干扰弹

- (1) 电流密度表面极大性
- (2) 可以将中间部分适当掏空，增加空间利用率
- (3) 加注高导石墨粉，破坏敌人的电网



表面电流性！

2.航母杀手



设定射程为1100km (略大于航母的攻击范围)

则总质量为 1000 kg
 $V = \frac{m}{\rho} = 0.127 \text{ m}^3$
 最佳弹径比为 $S=1$ 左右
 有 $\frac{\pi d^2}{4} \cdot Sd = V$
 $\Rightarrow d = 318 \text{ mm}$

$\therefore K = \frac{1}{2} CPS/m = 4.86 \times 10^{-8}$
 取 $X = 1100 \text{ km}$
 代入公式有 $V_0 = \sqrt{\frac{2(e^{kx} - 1)}{K}}$
 $= 2.05 \times 10^4 \text{ m/s}$
 $\therefore E = \frac{1}{2} m V_0^2 = 2.1 \times 10^{11} \text{ J}$
 用一普通的火力发电站的时间
 $9 \times 10^7 \text{ W} \cdot t = E$
 $\Rightarrow t = 1375 \text{ s} = 23 \text{ min}$
 由结果可以看出, 电磁炮的射程

结论

- (1) 由于接触可导性, 整个弹体都可以做成散弹体, 空间利用率提高
- (2) 由1000个分弹头组成, 可对航母上的设施进行打击, 使其暂时丧失战斗力
- (3) 这套装置对航母舰队形成了威慑, 且准备时间只需23min!

- 接触可导性

电磁炮的几大特性

- 1.能量可叠加性
 - 2.表面电流性
 - 3.接触可导性
-
- 这三大性质使电磁炮的性能脱颖而出！

结论

- 电脑游戏《红色警戒》中的电磁炮完全有可能入役，并且如它在游戏中的效果一样，性能卓越！



参考

- 1.电磁炮吧（百度贴吧）
- 2.中国科学技术大学
- 交叉学科基础教程——电磁学（叶邦角著）

鸣谢

感谢孙腊珍，李毅老师的辛勤培育！

- 感谢母校中国科学技术大学的长期陪伴！
-

谢谢各位！