

## 安全电磁射钉枪结构改进的简单构想

地球与空间科学学院  
 学生： 姚星宇  
 学号： PB15071508

从功能上看：



优点： 省时、  
 省力、效率高

**男子吸粪生虫咬 持射钉枪伤妻案**  
 广西新闻网 2016年04月28日 06:00  
 4月23日下午,柳州某沙塘镇上雷村发生一起儿子持射钉枪伤母亲的案件。沙塘派出所民警调查发现,起因是肇事男子吸食毒品后产生了幻觉。 2张图西报网 · 百度快照

**男子怀疑邻居QQ号被窃 持射钉枪将邻居打伤**  
 西青都市报 2016年01月22日 19:26  
 怀疑自己的QQ号被盗用,青州男子徐某某为泄愤,竟手持改装过的射钉枪打伤邻居的妻。听到砸墙声出门查看被击伤倒地 某某与徐某是青州市同乡人,夫妻两人在村里承包... 5张图西报网 · 百度快照

**贵州男子怀疑QQ号被窃 持射钉枪放火烧人**  
 齐鲁网 2016年01月21日 11:59  
 怀疑自己的QQ号被盗用,青州男子徐某某为泄愤,竟手持改装过的射钉枪打伤邻居的妻。听到砸墙声出门查看被击伤倒地 某某与徐某是青州市同乡人,夫妻两人在村里承包... 2张图西报网 · 百度快照

**木工用射钉枪出意外伤到自己眼睛**  
 腾讯健康网 2015年12月22日 09:59  
 最近,浙江金华一位木工在做装修的时候,使用射钉枪却出现了意外,钉子反弹伤到自己的眼睛。 百度快照

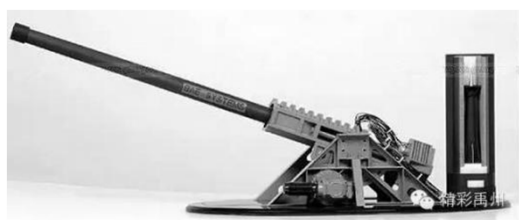
**射钉枪伤了眼睛谁来赔偿争议**  
 和讯 2015年12月02日 03:00  
 对此某某表示,当时他是给李某家帮忙拿射钉枪,不料射钉枪突然击发了。而李某,不料射钉枪左眼,原告有重大过失,应承担相应的责任,被告应承担射钉枪挂在梯子上... 5张图西报网 · 百度快照

危险性高

## 射钉枪的种类（以动力分类）

- 压缩空气式  
 通常需要配备一台体积较大的空气压缩机,携带较为不便。
- 火药式  
 穿透力强,具有较大的杀伤力,且具有较大噪音。
- 电磁式  
 新式射钉枪,重量轻、噪音小、易携带。

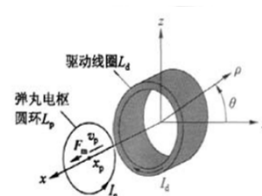
## 电磁射钉枪原理



电磁线圈炮

## 电磁射钉枪原理

驱动线圈  $L_d$  为若干层螺线管组成的多匝线圈,弹丸电极  $L_p$  为一良导体圆环。电流分别为  $I_d$ 、 $I_p$  与  $x$  轴正向成右手螺旋时为正,反之为负;圆环电极的半径为  $r_0$ 。所受磁场力为  $F_m$ , 坐标为  $x_p$ , 速度为  $v_p$ 。



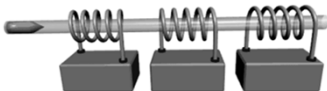
$$F_m = \oint_L I_p d\mathbf{l} \times \mathbf{B}_0 \quad (1)$$

$$\mathbf{B}_0 = B_0(x, \rho) \mathbf{e}_z + B_\rho(x, \rho) \mathbf{e}_\rho \quad (2)$$

$$\mathbf{F}_m = -2\pi r_0 I_p B_\rho(x_p, r_0) \mathbf{e}_x \quad (3)$$

### 电磁射钉枪的结构


一、直接型



缩小版的电磁线圈炮

### 电磁射钉枪的结构

二、间接型



设射钉枪中钉子质量为 $m$ ，永磁铁质量与撞针质量之和为 $M$ ，总动能为 $E_0$

射空时钉子射出时动能  $E_k = \frac{m}{m + M} E_0$

假设一般铁钉质量为 $2g$ 左右，撞针与永磁铁为 $50g$ 左右。

$E_k = 0.0385E_0$

当总能量一定时，钉子动能变为总动能的 $1/26$ 。

### 电磁射钉枪的结构

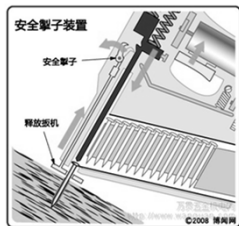
间接型射钉枪可以较大程度的降低射钉飞出的威力，提高安全性，目前间接型射钉枪是大多数电磁射钉枪的结构。

但即使威力有所下降，间接型射钉枪钉子的初速度仍可以达到 $3m/s-11m/s$ ，仍有改良空间。

### 造成事故的原因

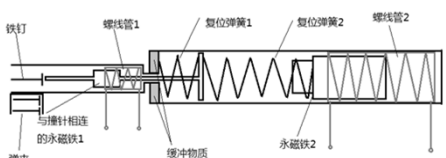
1. 钉子穿透工件。
2. 钉子碰到坚硬表面或金属材质时发生反弹。
3. 在工件边缘射击时未击中工件从而飞出。
4. 受到撞击时意外触发射钉。
5. 故意对人射击。
6. 改装工具，绕过安全机制。

枪口不与工件接触



现有安全机制：安全触头可以避免射钉枪不接触物体使射击。但结构简单，易于改装。

### 改进射钉枪结构



螺线管1与螺线管2先后延时触发，螺线管1匝数少，对产生磁力小，螺线管2匝数多，产生磁力大。

可独立设置螺线管1的通电电流与匝数，使射钉枪射空时射钉初速度极小，而不影响正常工作时螺线管2提供给永磁体2的动能。

### 改进射钉枪结构

因碰撞产生的能量损失：  
 $(m + M_1 + M_2)v = M_2v_2$

$$E'_k = \frac{1}{2}(m + M_1 + M_2)v^2 = \frac{1}{2} \frac{M_2^2}{m + M_1 + M_2} v_2^2 = \frac{M_2}{m + M_1 + M_2} E_k$$

- 假设一般铁钉质量为 $2g$ 左右，撞针与永磁铁1为 $10g$ 左右，永磁铁2为 $50g$ 左右。

$$E'_k = \frac{M_2}{m + M_1 + M_2} E_k = \frac{50}{2 + 10 + 50} E_k = 0.806 E_k$$

要达到相同效果只需多消耗24%能量

## 改进射钉枪结构

### 优点:

- 改进后线圈式电磁射钉枪在理论上可基本上避免直接接触的对人射击造成的伤害。
- 结构较为复杂较难人为改装。

### 缺点:

- 能量利用效率降低，需要提升每次使用的电量，对便携式的电池容量需求增大。
- 由于螺线管延时触发，工作效率会略微下降。

### 参考文献:

- [1] 刘彦鹏, 杨丽佳, 欧阳建明.线圈炮弹丸受力的两种表示及等价性[J],大学物理,2009,(09)
- [2] 姜耀林, 尹迪江, 金武, 王宝来, 梁伟青, 翁泽宇.电动钉枪的平射试[J],《新技术新工艺》:数字技术与机械加工工艺装备,2008,(06)