

# 30 mm 火炮安全射向装置的设计

张强<sup>1</sup>, 郑长录<sup>1</sup>, 张晨然<sup>2</sup>

(1. 装甲兵工程学院 信息工程系, 北京 100072;

2. 哈尔滨工业大学 信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:** 92 轮式步兵战车是机械化步兵开展装备训练和处突维稳的一种主要装备。30 mm 火炮安全射向装置能有效克服 92 轮式步兵战车的枪、炮车存在的射击隐患——火炮发射弹药可毁伤车体前部的天线及对车体周围的机械化步兵构成危害。安全射向装置基于单片机控制, 采用机械和电子传感器共同限位, 由角度和角速度传感器获取相关数据, 单片机处理相应指令, 使该指令和火炮炮塔的击发门运算一起控制枪、炮塔的射击动作, 确保射向装置设计可靠性和准确性。系统不需对装备加改装, 电路简单、结构合理, 能防止误伤机械化步兵, 达到安全射击。

**关键词:** 92 轮式步兵战车; 30 mm 火炮; 单片机; 角度传感器; 角速度传感器

中图分类号: TP27

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)23-0097-04

## Design of 30 mm gun safety into the device

Zhang Qiang<sup>1</sup>, Zheng Changlu<sup>1</sup>, Zhang Chenran<sup>2</sup>

(1. Information Engineering Department of The Academy of Armored Forces Engineering, Beijing 100072, China;

2. College of Information Engineering of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** 92 wheeled IFV is mechanized infantry carried out a major equipment training equipment and process stability. 30 mm gun safety into the device can effectively overcome the 92 wheeled infantry fighting vehicles, artillery fire hidden danger existing gun-artillery ammunition antenna damage the front of the car body and the surrounding mechanized infantry constitute a hazard. Security at the device based on MCU control, the use of mechanical and electronic sensor spacing, access to relevant data from the angle and angular velocity sensor, single-chip processing the corresponding instruction, the instruction and the gun turret firing gate operation, control of gun turret of shooting action, ensure the accuracy and reliability of device. System without modification on equipment, simple circuit, reasonable structure, can prevent the injury of mechanized infantry, to achieve safe fire.

**Key words:** 92 wheeled infantry artillery; 30 mm gun; MCU; angle sensor; angular velocity sensor

92 轮式步兵战车被广泛装备装甲机械化部队。其可分为基型车、枪车、炮车等车型, 分别安装有 25 mm 机关炮、14.7 mm 机关枪、30 mm 火炮等武器。为满足不同战术通信的需求, 车身上安装天线数量不等。由于 92 轮式步兵战车的枪车和炮车的炮塔可以 360 度旋转且射角内都可以射击。所以为了避免枪、炮发射出去的弹药毁伤天线, 同时伤及车体周围的机械化步兵, 需要进行装备的加改装。

设计一种装置以防止火炮射击时发生意外, 避免火炮射出的炮弹打到车体前部的天线造成不必要的装备损坏或人员伤亡。

92 轮式步兵战车分为基型车、枪车、炮车等车型。设计主要考虑枪车和炮车的两种情况。并主要对炮车进行研究, 因为炮车比枪车毁伤概率大。

### 1 系统设计原理

火炮的射击大致可分为两种状态: 第一种状态是指炮塔和车体都处于静止状态时的射击; 第二种状态是指炮塔相对于车体运动时的射击。

通过测量和计算分别算出静态和动态两种情况下的炮塔相对天线的角度。并通过公式  $1023/X=360/\text{角度}$  计算出角度对应的十位二进制代码。炮塔旋转以炮塔中心为轴心旋转, 火炮俯仰以耳轴为轴心。

## 1.1 炮塔和车体都处于静止状态时禁射角度的计算

火炮和天线静态状态安装位置示意图如图 1 所示, 根据实车的测量可计算出静态情况下天线与车体正前方(设正前方为基准方向)所夹的角度分别为  $\alpha$  和  $\beta$ 。

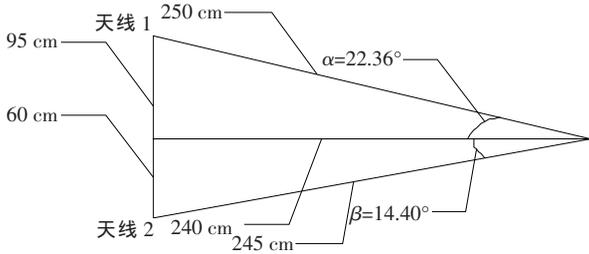


图 1 火炮和天线静态状态安装位置示意图

由图 1 可算得静态情况下:

$$\sin \alpha = 0.95 / 250$$

$$\alpha = \arcsin 0.38 = 22.36^\circ$$

根据同样的方法可以得出另外一个角度  $\beta$ :

$$\beta = \arcsin \frac{0.6}{2.45} = 14.40^\circ = 345.6^\circ$$

表 1 为角度、密位、二进制转换表, 通过十进制与二进制的转换可以得到: 角度  $\alpha$  对应的二进制代码为 M1=0000111111; 角度  $\beta$  对应的二进制代码为 M2=1111010110。

表 1 角度、密位、二进制转换表

角度	密位	二进制代码
21.00	350.07	0000111011
22.00	366.74	0000111111
22.36	372.741 2	0000111111
24.00	400.08	0001000100
347.00	5 784.49	11011011
345.40	5 621.790 8	1111010110
344.50	5 742.815	1111010010
X	(6 000/360)*X	360/X=1111111111/M

无论炮塔转至何角度只要根据表 1 进行转换, 就能得到角度所对应的二进制代码值(当然最好用密位代替角度, 但由于芯片选取难度较大, 这里直接测量角度)。Y 为某一时刻炮塔所对应角度的十位二进制代码。

如果炮塔刚好转到上述两角度后, 在很短的时间内角度传感器会迅速测量出该角度, 并将直接将角度信息以模拟量的形式输出给单片机。

单片机接收到信号后, 会立刻将收到的模拟量与自己限制通过的二进制代码做比对。如果代码相同, 单片机就会输出 0, 这时单片机的输出结果 0 与枪或炮的射击门做与运算, 最后的结果即为 0, 则此时无论怎么按火炮的射击门, 火炮都不能正常击发; 如果比对的结果不同, 单片机就会输出 1, 这时单片机的输出结果 1 与枪或炮的射击门做与运算, 则此时单片机相当于不起

到任何作用。

## 1.2 炮塔相对车体运动情况下禁射角度的计算

这种情况又可分为 3 种不同的状况:

## (1) 车体静止但炮塔运动

炮塔上安装的角速度传感器会随时把炮塔的转动速度传出来, 传给单片机。假设炮塔转动的瞬时角速度为  $W$  ( $W$  为炮塔旋转时的最大角速度), 线速度为  $v$ 。又知炮塔尾部到天线的距离  $R=2.5$  m。设炮塔的初速度为  $C$ , 根据 92 轮式步兵战车的技术参数可知  $900 \text{ m/s} < C < 1 500 \text{ m/s}$ ,  $T$  为炮弹从炮塔射到天线所用的时间, 那么可知:

$$v = W \times R = 2.5W \text{ (m/s)}$$

现在拿一个具体的角度来说明一下问题:

此刻角度传感器传出的角度信息刚好是  $X_1$  (度) 时, 如果:

$$[|X_1 - 22.36| / 360] \times 2\pi R = 2.5 W \times T$$

$$\text{其中 } R = 2.5T = R/C = 2.5/C \text{ (s)}$$

$$[|X_1 - 22.36| / 360] \times 5\pi = 2.5 W \times 2.5/C$$

$$[|X_1 - 22.36| / 360] \times \pi = 1.25 W / C$$

$$|X_1 - 22.36| = 360\pi \times 1.25W / C = (450\pi W) / C$$

$$X_{11} = 22.36 + (450\pi W) / C \text{ 或 } X_{12} = 22.36 - (450\pi W) / C$$

$$X_{13} = 345.40 + (450\pi W) / C \text{ 或 } X_{14} = 345.40 - (450\pi W) / C$$

综合火炮所用的 3 个弹种, 并且考虑外界因素的影响将炮弹的初速定为  $1 100 \text{ m/s}$ 。因为这个数值是相对比较合理的。设天线摆幅角度为  $\varepsilon$ , 就有:

$$X_{11} = 22.36 + (450\pi W) / 1 100 \text{ 或 } X_{12} = 22.36 - (450\pi W) / 1 100$$

$$X_{13} = 345.40 + (450\pi W) / 1 100 \text{ 或 } X_{14} = 345.40 - (450\pi W) / 1 100$$

根据公式可将角度化成密位(假设密位用字母  $\varepsilon$  表示), 分别为

$$\varepsilon_1 = \{22.36 + (450\pi W) / 1 100\} \times (6 000 / 360) \text{ (mil)}$$

$$\varepsilon_2 = \{22.36 - (450\pi W) / 1 100\} \times (6 000 / 360) \text{ (mil)}$$

$$\varepsilon_3 = \{345.40 + (450\pi W) / 1 100\} \times (6 000 / 360) \text{ (mil)}$$

$$\varepsilon_4 = \{345.40 - (450\pi W) / 1 100\} \times (6 000 / 360) \text{ (mil)}$$

只要知道炮塔的旋转角速度  $W$  就可得到  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  的具体值。因为  $W$  是炮塔的最大旋转角速度。所有炮弹可能击中天线的角度都被包含在内。

因此在角度  $X_{12}$  与  $X_{11}$  之间或  $X_{13}$  与  $X_{14}$  之间, 只要通过单片机控制火炮此时不能够射击, 就达到的设计目的了。

## (2) 车体和炮塔同时运动

虽然车的速度相对于火炮的速度来说很小, 但为了提高计算精度, 将各种情况考虑在内, 尽量提高设计的理论可行性和正确性。

车体向前方运动, 火炮向前射击。这时炮塔与车体

的正前方向夹角小于等于  $90^\circ$ 。涉及到车体分速度的问题(设炮塔与车体正前方向的夹角为  $\gamma$ , 车速为  $C_{车}$ ),  $(\cos\gamma \times C_{车} + C_{炮})$  就相当于此时的炮弹向前的相对速度。 $X_1, X_2, X_3, X_4$  这时的值分别为:

$$X_{11}=22.36+(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + C_{炮})^\circ$$

$$X_{12}=22.36-(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + C_{炮})^\circ$$

$$X_{13}=345.40+(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + C_{炮})^\circ$$

$$X_{14}=345.40-(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + C_{炮})^\circ$$

将  $C_{炮}$  带入式中就得到:

$$X_{11}=22.36+(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + 100)^\circ$$

同理得出:  $X_{12}, X_{13}, X_{14}$ 。

各个角度对应的密位值分别为:

$$\varepsilon_1=[2236+(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + 100)] \times (6\ 000/360) \text{ (mil)}$$

同理得出:  $\varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ 。

在式中只要得到  $W$  和  $B$  的值, 就能求出  $X_1, X_2, X_3, X_4$  的值。又因为  $W$  和  $B$  都能够通过相应的传感器测得, 所以能得出具体的计算结果。因此只要通过单片机控制, 使炮塔运动到与天线所成角度在  $X_{11}=22.36+(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + 100)$  和  $X_{12}=22.36-(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + 100)$  之间或者是在  $X_{13}=345.40+(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + 100)$  与  $X_{14}=345.40-(450\pi W)/(\cos\gamma \times C_{车} + 100)$  之间时不进行射击, 那么就达到了目的。

### (3) 天线相对于车体晃动

如果天线晃动, 那么前提必须是车体也在动(不考虑风刮等外界因素)。因此这种情况是建立在第二种情况之上的。天线绕着底座中心做近似圆周的运动。

这时在第二种情况的基础上(炮塔与车体间成锐角时, 即火炮在  $X_{11}$  与  $X_{12}$  之间或  $X_{13}$  与  $X_{14}$  之间不能射击。炮塔与车体间成钝角时, 即火炮在  $X_{21}$  与  $X_{22}$  之间或  $X_{23}$  与  $X_{24}$  之间不能射击)。必须把天线晃动的角度加上, 即在这个角度范围内火炮都不可以射击。设这个大角度为  $X$ 。如果能够获得天线的摆幅, 那么就能够求出这种情况下不能够射击的角度范围。但考虑实际情况无法确定天线晃动幅度的具体值, 所以对这种情况不做更深层次计算。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 系统总体设计及安装

由 AT89C51 单片机、RS232 串口芯片、MAX232 电平调节器、角度传感器、炮塔旋转角速度传感器芯片和炮塔射击门的相关电路等组成。

将角度传感器和角速度传感器分别固定在车体的内部能够与炮塔同时旋转的地方, 采用捆绑式固定。单片机及与其相关的芯片固定在射击门附近的面板上。确保安装不影响装备其他方面的性能, 不移动车身上的任何原有装备。

传感器随炮塔同步旋转, 并且实时将所需要的角度

或角速度信息实时传给单片机。单片机通过快速分析后将处理的结果输出, 输出结果在与枪车或炮车的射击门做与运算。最后的输出结果控制火炮的射击动作。这样就可以避免发射的炮弹击中天线, 达到设计的目的。

### 2.2 射击安全角度、角速度限制传感器设计

#### 2.2.1 角度传感器(磁性编码器)

磁性编码器是采用高性能集成磁敏感元件, 利用磁信号感应非接触的特点, 配合微控制器进行智能化信号处理制成的角度传感器。磁场信号感应非接触, 传感器结构无触点, 无磨损, 无接触电噪声,  $360^\circ$  全量程高分辨率角度传感, 根据不同使用要求, 可提供多种输出模式。导线将磁性编码器的输出端与单片机的输入端相连接即可, 这样磁性编码器测得的实时信号就会导入单片机中。经过单片机的快速处理后, 将是否射击的命令以电信号的形式传出与射击门一起来控制火炮的射击动作。

#### 2.2.2 角速度传感器(微型压电陀螺)

微型压电陀螺具有低的驱动电压和功耗及快速响应特点, 可测量包含旋转的各种运动。最大角速度  $\pm 300$  ( $^\circ/s$ ), 比例系数  $0.67$  ( $mV/^\circ/s$ ), 线性度  $\pm 5$  ( $\%fs$ ), 响应频率(Hz)  $50$  max。微型压电陀螺测得的实时信号同样导入单片机中。经过单片机的快速处理后, 将是否射击的命令以电信号的形式传出与射击门一起来控制火炮的射击动作。

### 2.3 射向安全限制装置原理图

射向安全限制装置原理图如图 2 所示。根据 AT89C51 单片机的具体使用方法以及各管脚的功能, 将传感器等与单片机连接起来, 构成一个完整的通路。

角度传感器输出端的引线 with 单片机连接了 16 个输入管脚(P0 和 P1 端)的输入引线相接, 其次将角速度传感器的输出端连接到单片机输入端 P1 的一个管脚处。再有就是通过电瓶调节器 MAX 232 将单片机与串口芯片 RS-232 相连接。再对单片机加上相应的晶振电路, 最后单片机的输出端与枪或炮的射击门作与运算, 最后的结果以一条线的形式传给车体的击发电路, 来控制火炮的射击动作。

## 3 软件设计

程序流程图如图 3 所示。

根据 DXP 图用 C 语言(keil c)进行程序的编写, 通过程序控制单片机来实现相应的功能。

火炮安全射向装置可以减少部队在训练、遂行多样性任务时安全隐患, 避免意外事故的发生。但也存在一定的弊端, 如火炮正对着天线且射击方向上有敌人, 在同时发现对方的情况下, 己方很可能比对方出手要慢, 被敌火力所消灭。因此设计上存在一定射击死角。计算

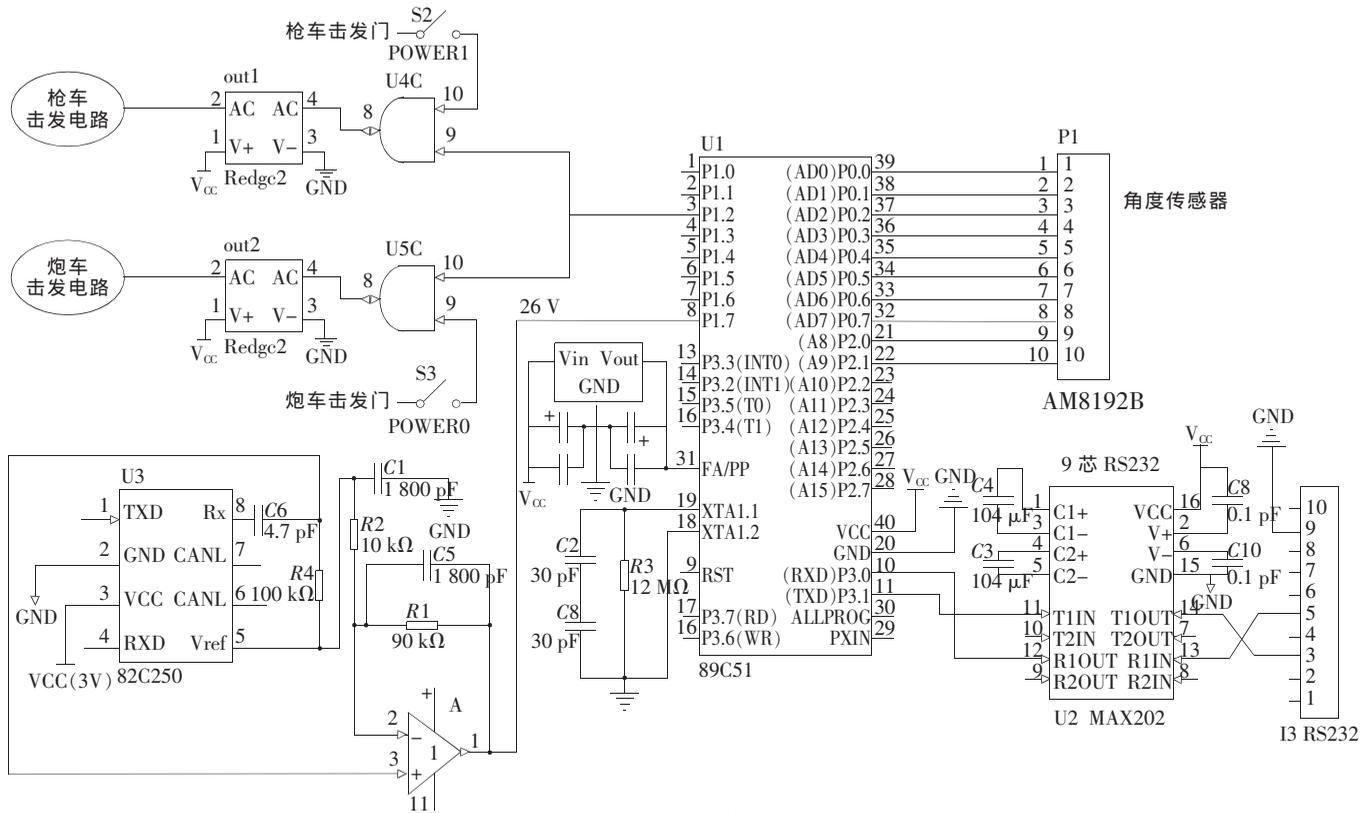


图2 射向安全限制装置原理图

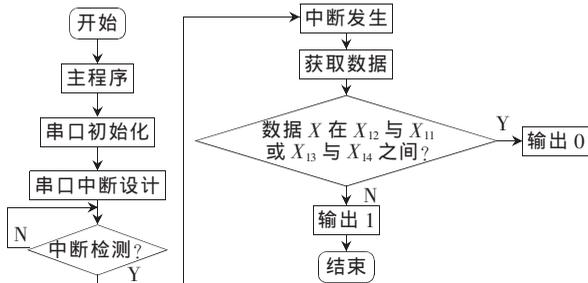


图3 程序流程图

时可能受到外界因素的干扰，这也会影响到射击的精度。火炮限制装置只是一个初步的装置设计，与具有完整功能的 30 mm 火炮限制装置还存在一定的差距，有待进一步完善措施：

- (1) 选取多传感器、多单片机共同参与控制火炮击发电路，这样在获取数据时会更加迅速更加准确。
- (2) 选取获取数据更准确、传输更精确的传感器。

(3) 优化程序中的赘余代码，缩短程序的运行时间，提高程序运行效率。

参考文献

- [1] 何桥. 单片机原理及应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [2] 沈景虎. protel 99SE[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [3] 张福学. 传感器与执行器大全[M]. 北京: 电子工业出版社.
- [4] 王树武. C 语言程序设计教程[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2004.

(收稿日期: 2013-08-05)

作者简介:

张强, 男, 1959 年生, 本科, 高级实验师, 主要研究方向: 军事通信。