

引信电磁感应装定校验纠错码研究

李志建, 赵晓利, 刘秋生, 周晓东

(军械工程学院 弹药工程系, 石家庄 050003)

摘要:对在引信电磁感应装定中可采用的不同检验纠错码方式进行了理论分析,最终选取循环码并采用循环冗余校验法进行校验纠错。将11位信息码元进行分组,选取其中一组(110)这3个信息码元作为研究对象,求出其生成矩阵与校验矩阵,得到加入校验码后的码元组成(1100101),根据其矩阵设计出编码与解码的电路图。为了验证加入校验码后的校验效果,用MATLAB软件对(7,3)循环码在噪声情况下的传输误码率进行了仿真验证,得到的结果与理论分析结果一致。

关键词:电磁感应装定; 编码; 校验码; 纠错码

DOI:10.7643/issn.1672-9242.2013.04.022

中图分类号: TJ430.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)04-0094-04

Check and Error-correcting Codes of Fuze Electromagnetic Inductive Setting

LI Zhi-jian, ZHAO Xiao-li, LIU Qiu-sheng, ZHOU Xiao-dong

(Department of Ammunition Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Theoretical analysis of check and error-correcting codes used in fuze electromagnetic inductive setting was carried out. The cyclic code and Cyclic Redundancy Check (CRC) were selected after the analysis. 11 places information code was divided into groups and one of those groups like three information code units (such as 110) was selected as object of study to solve its generator matrix and check matrix; code (1100101) which had been joined in the check code was obtained; the circuit diagram was designed according to its matrix. Cyclic code (7,3) of bit error rate under the noise circumstances was verified by simulation with MATLAB software. The result comports with the theoretical analysis.

Key words: electromagnetic inductive setting; code; check code; error-correcting code

现代战争已逐步发展为“陆、海、空、天、电磁”五维一体的联合作战,战场上不仅有雷电、静电等自然电磁环境,也有雷达、电子对抗等人为产生的电磁环境^[1]。引信电磁感应装定是利用电磁感应原理,通

过装定器中的发送线圈与引信接收线圈间的电磁耦合,实现能量和信息的非接触传输。在战场中,外界的电磁环境会对发送线圈产生的电磁场造成干扰,进而对引信电磁感应装定产生干扰。在引信电磁感

收稿日期: 2013-03-27

作者简介: 李志建(1988—),男,山西运城人,硕士研究生,主要研究方向为弹药系统理论与评估技术。

应装定过程中,装定器对引信装定信息传输的准确率直接关系着引信能否完成其特定任务,引信与装定器之间信息传输的可靠性至关重要^[2]。为了能够保证将信息由装定器可靠地传输给引信,需要对其校验纠错码进行研究。

在引信电磁感应装定信号的传输过程中,将装定信息进行编码,转化为数字基带信号,进而转化为二进制形式的信息序列,再对信息进行调制传输。在引信电磁感应装定中,由于装定时间、可靠性、成本等因素,对数据编码有码长短、纠错能力强、编码规律简单等要求,以满足装定器对引信数据传输的需求^[3]。采用变型密勒码方式对信号进行编码,设计出校验纠错码,以提高传输效率,并通过软件仿真对校验纠错码的纠错能力进行验证。

1 编码理论

1.1 编码形式与同步方式

综合比较引信电磁感应装定中不同的编码形式,变型密勒码负脉冲时间较短、能从高频场中持续提供能量。引信电磁感应装定中采用变型密勒码对信号进行编码,同步信号用一个周期为 T_s 的零脉冲表示,具体表示如图1所示。

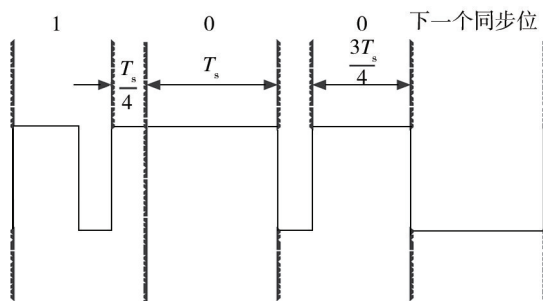


图1 变型密勒码

Fig. 1 The variant miller code

1.2 校验码^[4]

在引信电磁感应装定中为了检验装定数据的准确性,需要源码字中加入一些额外的码字,额外的码字就是校验码。目前较常用的校验方法有奇偶校验法、纵向冗余校验法和循环冗余校验法等。

1.2.1 奇偶校验法

奇偶校验法是最基本的校验方法,在每 k 个信息码元加上一个奇偶校验位,使码长 $n=k+1$,保持码字中“1”的个数恒为奇数或偶数。如偶校验的编码规则在信息码元中“1”的个数为偶数时,则校验码元为“0”,反之则为“1”。奇偶校验法只能检测出奇数个错误,检测不出偶数个错误,在文中没有采用奇偶校验法对信息码元进行校验。

1.2.2 纵向冗余校验法

纵向冗余校验算法简单,能迅速计算出校验和。然而校验和并不可靠,多个错误可能相互抵消,在一个数据块内识别不出字节顺序的互换,快速校验很小的数据块时主要采用纵向冗余校验法,在引信电磁感应装定中一般不采用。

1.2.3 循环冗余校验法

循环冗余校验法即对传送的数据块中加入校验位(主要有4位、16位、32位等),校验位由该数据块计算得到,与数据块同时传送;在接收端,对接收的数据块按规定算法计算循环冗余校验和,以判别传输过程是否出错。循环冗余校验法可以检测出所有奇数个错误、所有单比特错误、双比特错误以及小于校验码长度的突发错误,且查错效率高。由于循环冗余校验法的这些优点使其在数据通信中得到了广泛应用,因此在引信的电磁感应装定中也采用了循环冗余校验法。

1.3 帧的构成

某电子时间引信的装定范围为1.0~199.9 s,间隔为0.1 s,总共约有2000个划分。二进制编码需要11位。若采用奇偶校验法,帧的构成如图2所示,每帧数据的总长度为13位,其中包括1位同步位、11位数据位和1位校验位。

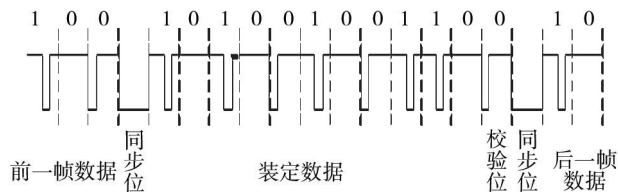


图2 一帧传输数据的组成

Fig. 2 The component of one frame transmission data

当采用循环冗余校验码时,帧的构成经计算得

(10010010111001011100101),但需要在这些码字的首位加入1个同步位,保证数据接收的完整性,其中共有1组(3,2)循环码和3组(7,3)循环码的码组。若选取(110)这个信息码元组,则得到传输码元组为(1100101),其中前3位为信息码,后4位为监督码。

在二进制编码中码元速率 R_b 和信息速率 R_i 之间的关系为 $R_b=R_i$ 。为了确保引信可靠接收到一帧装定数据,则应满足 $R_s=48/T_{inf}$ (其中 T_{inf} 为信息装定窗)。根据ISO 14443得 $R_s=106$ kBit/s (13.56 MHz/128),则每帧的长度为226 μ s,针对火炮的射速1000~5000 rounds/min来说,信息装定窗口 $T=12\sim 60$ ms能够完成装定两帧数据所需的时间^[5]。

2 校验码设计^[6-7]

引信的电磁感应装定信息是通过电磁耦合传输的,引信与装定器之间是非接触的。在非接触数据的传输过程中,信号比较容易受到干扰,传输错误率高,因此需要对信息码元进行纠错。由于奇偶校验法识别错误的能力低,故采用循环冗余校验法。

该信息的二进制数据位信号序列为(10100100110),序列共有11位数据位,将这11位序列分为4组,则分别为(10),(100),(100),(110),其中第一组中要加入1个同步位,以(110)这个信息码元为例来计算其生成矩阵与一致校验矩阵。

以二进制(7,3)码,得其生成多项式为 $g(x)=x^4+x^2+x+1$ 。

由 (n,k) 循环码的生成矩阵得:

$$\mathbf{G}(x) = \begin{pmatrix} x^{k-1}g(x) \\ x^{k-2}g(x) \\ \vdots \\ g(x) \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中: $\mathbf{G}(x)$ 为生成矩阵。则由(7,3)得:

$$\mathbf{G}(x) = \begin{pmatrix} x^2g(x) \\ xg(x) \\ g(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^6 + x^4 + x^3 + x^2 \\ x^5 + x^3 + x^2 + x \\ x^4 + x^2 + x + 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

由此可得生成矩阵为:

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

对应的校验多项式为 $h(x)=x^3+x+1$ 。

由 $h(x)=h_kx^k+\dots+h_1x+h_0$ 得 $h_0=1, h_1=1, h_2=0, h_3=1$

则一致校验矩阵为:

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

系统码的生成矩阵与一致校验矩阵分见式(5)。

$$\mathbf{G}_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H}_0 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

输入信息码元为(110),即得信息组多项式 $m(x)=x^2+x$,循环码的生成多项式为 $g(x)=x^4+x^2+x+1$ 。由系统码生成规则得:

$$x^{n-k}m(x)=x^{7-3}(x^2+x)=x^6+x^4=x^2+1, [mod \cdot g(x)] \quad (6)$$

$C(x)=x^{n-k}m(x)+r(x)=x^6+x^5+x^2+1$ 即 $\bar{C}=(1100101)$,其中 $\bar{C}$ 为发送端发送的码字,。

由此可得其编码电路如图3所示。

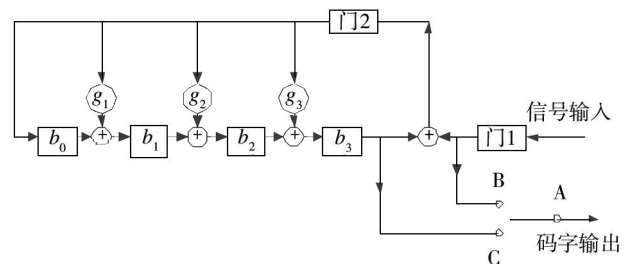


图3 编码电路

Fig. 3 The diagram of encoding circuit

(110)这个数据位加上校验码后得其编码序列为(1100101),同理可得(010)的编码序列为(0101110),(100)的编码序列为(1001011),(10)的编码序列为(100)。

通过计算已得到了该组码一致校验矩阵 $\mathbf{H}_0$,伴随式 $\bar{S} = \bar{R}\mathbf{H}_0^T = (\bar{C} + \bar{E})\mathbf{H}_0^T = \bar{E}\mathbf{H}_0^T$,其中 $\bar{E}$ 为信道的错误图样。若伴随式的计算结果为0,则表明在传输过程中没有出错,若信道错误出现在了最高位 $\bar{E}=(1000000)$,可由此求得其伴随式为 $\bar{S} = \bar{E}\mathbf{H}_0^T = (0001)$ 。

由此可得译码电路,如图4所示。

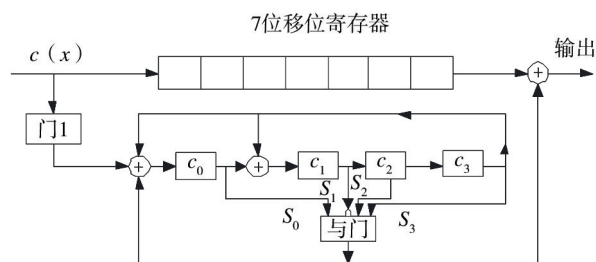


图4 译码电路

Fig. 4 The diagram of decoding circuit

该信号的编码序列为(100100101110010111100101),其中首位再加入一个同步位,则在该帧数据中,根据4个码组的一致校验矩阵、编码序列、伴随式等就可设计出整个编码序列的编码电路与译码电路。

3 仿真验证

为了检验循环冗余校验法的检错、纠错能力,以(7,3)循环码为例,噪声对传输的信息码元产生干扰,出现传输数据失真、误码率偏高等影响。因此,对噪声情况下的信息传输用MATLAB进行了验证,得到的结果如图5所示。随着噪声概率的增加,信息出现的误码率也随之增加。当出现一位错码时,由理论值可知信号能够完全被检验并纠正过来,加入纠错码能够全部纠正,出现误码的概率为0;当出现两位错码时,(7,3)循环码的纠错能力有所下降,但加入校验码后误码率也比无校验码位低很多;出现三位错码时纠错能力将变得更低。

4 结论

对不同的编码方法与校验方法进行分析,得出一种合理的校验方式。对原始信息进行编码,由原始编码序列分组计算得出各组纠错序列,将纠错码与原始码结合生成一帧数据,在该帧数据中再加入同步位以确保信息传输与接收同步。加入纠错码后能提高信息传输效率和传输的可靠性,由此设计出

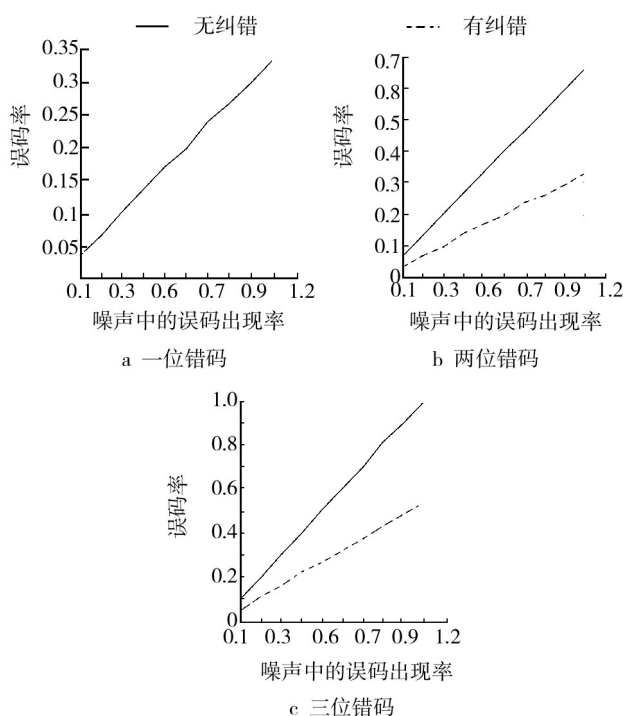


图5 纠正错码

Fig. 5 Correction of place codes

其编码电路与译码电路,并对循环冗余校验码进行了验证,得到的结果与理论分析相符。

参考文献:

- [1] 费之强,魏光辉,付立. 无线电引信干扰与防护[J]. 装备环境工程,2009,6(5):71—73.
- [2] 王晓方,刘秋生,赵晓利. 某型电子时间引信检测技术研究[J]. 装备环境工程,2008,5(4):71—73.
- [3] 翟性泉,郑传军,何振才,等. 电子时间引信装定的数据编码与压缩方法[J]. 南京理工大学学报,1999,2(23):69—72.
- [4] 郎为民. 射频识别(RFID)技术原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 张可佳,周曾素. 多选择引信炮口装定中的数据传输[J]. 海军工程大学学报,1999(4):76—80.
- [6] 徐家品. 信息论与编码[M]. 北京:高等教育出版社,2011.
- [7] 冯桂,林其伟,陈东华. 信息论与编码技术[M]. 北京:清华大学出版社,2011.