

时间引信设计

彭长清 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书介绍了各类时间引信工作原理、设计理论、设计方法,以及引信静态与动态工作特征和时间精度分析。

全书共十章,除对药盘时间引信、非自由式钟表时间引信、无返回力矩钟表机构、电容时间引信、榴弹定时空炸射击威力评定和时间引信精度确定根据等六章,作了重点讲述外,还对时间引信的地位、发展;对自由式钟表时间引信、电子时间引信和长延期时间引信作了一般介绍。

本书可供高等学校引信及弹药系统各专业作教科书,也可供从事引信与精密计时装置设计、试验、研究、生产和使用的技术工程人员作参考。

时 间 引 信 设 计

彭 长 清 编 著

国防工业出版社出版

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092¹/₁₆ 印张23¹/₂ 541千字

1988年7月第一版 1988年7月第一次印刷 印数: 0,001—1,500册

ISBN 7-118-00085-x/TJ16 定价: 2.80元

前 言

编著本书的宗旨,是企图对各类时间引信的工作原理、工作特征、运动规律作比较全面的分析,对个别典型引信的静态与动态工作特性作比较深入的解剖,使读者对时间引信的发展和理论有一些基本知识。在此基础上,从历史的、发展的观点帮助读者,特别是从事本专业学习的学生,由浅入深、由表及里、由简单到复杂地去认识时间引信设计中的理论和方法。并在学习过程中,巩固已学的知识和理论,增补一些新的原理和方法,使理论结合实际,解决专业中提出的实际问题。

本书根据教学大纲的要求,侧重论述了药盘时间引信、非自由式钟表时间引信、无返回力矩钟表机构和电容时间引信,对自由式钟表时间引信、电子时间引信和各种长延期时间引信,仅作了一般工作原理性的介绍,而且,由于本书的篇幅限制,删去了《射流时间引信》一章。应当指出,射流时间引信是近代时间引信发展的新方向、新途径。1964年以来,美、日等国已陆续地开展了一些研究工作,我国学者齐聚全等人,也曾作过一些难能可贵的探索。就目前所知,还没有那个国家获得成功。但从理论上、技术上,这种时间引信已日趋成熟,不容忽视。

本书内容较为广泛,涉及机械、电力、电子、化学、电化学、流体力学和射流技术等方面的知识,是一门应用科学的教课书。教材反映了本人25年的教学经验和近几年关于时间引信研究的一些成果,这些成果集中表现在:在第一章中,时间引信分档及其发展趋势;在第二章中,药盘静态燃时验收的经验修正式与燃时精度分析;在第三章中,钟表时间引信动力失调、高速停摆与时间精度计算;在第四章中,关于美M577钟表时间引信设计思想分析;在第五章中,无返回力矩钟表机构开摆力矩;在第六章中,几种RC时间电路工作特性的探讨;在第九章中,定时空炸威力评定的解析计算法。这些内容,有的已在刊物上发表,有的已在专业年会上进行了学术交流。除此之外,本教材还广泛地收集了国内外近期研究的一些成果。这些技术资料,有的列入了“本章参考文献”,有的没有列入,在此,仅向原著者、译者鸣谢。

在编写过程中,本教材先后得到过兄弟院校、工厂、研究所等单位的大力支持和帮助,并提出了不少的宝贵意见。北京工业学院王宝兴副教授、华东工学院张德符副教授对本书进行了认真的审阅,北京工业学院谭惠民副教授又对全书编辑与加工,他们都对本教材提出不少建议。李小平同志为全书描绘了插图,对他们的严谨态度,以及为此书所付出的辛勤劳动表示衷心感谢。

由于本书涉及的内容和范围较为广泛,编著者水平有限,谬误之处在所难免,祈求读者,特别引信界同行不吝赐教。

彭 长 清

1986年8月30日

目 录

第一章 时间引信概论

§ 1-1 时间引信在引信技术发展中的地位	1
一、引信类型的比例协调关系	1
二、时间引信研究简史	2
三、时间引信的威力	3
四、环境影响给电子引信带来的新问题	3
五、恶劣环境将迫使射流时间引信问世	4
§ 1-2 时间引信的用途与分类	5
一、时间引信的用途	5
二、时间引信的类型	5
§ 1-3 近期火炮弹丸对引信作用时间的要求	6
一、地面炮兵对引信作用时间的要求	7
二、高射炮兵对引信作用时间的要求	7
三、海军炮对引信作用时间的要求	8
§ 1-4 引信作用时间增长趋势	8
一、引信作用时间随初速增长的趋势	8
二、引信作用时间随弹重变化而增长的趋势	9
三、引信作用时间随弹形系数改善而增长的趋势	10
四、引信作用时间因火箭助飞而增长的趋势	10
§ 1-5 引信时间系列的分档	10
一、引信作用时间分档问题的提出	10
二、引信时间精度损失的计算	11
三、名义时间精度损失	12
四、实际时间精度损失	13
五、引信时间分档中的几个问题	13
本章附表	14
参考文献	16

第二章 药盘时间引信

§ 2-1 药盘时间引信的基本构造与要求	18
一、引信基本结构及其作用	18
二、药盘时间引信的设计任务	19
三、药盘时间引信的设计要求	19
§ 2-2 引信的时间药剂	19
一、时间药剂在引信中的应用	19
二、引信时间药剂的类型	20
三、黑火药对燃时的影响	20

四、微烟药的燃烧性能	23
§ 2-3 时间药剂静态燃烧规律	24
§ 2-4 验收时药盘静态燃烧时间经验修正式	26
一、一元非线性回归燃时经验修正式	26
二、二元非线性回归燃时经验修正式	29
三、二元线性回归燃时经验修正式	32
四、燃时经验修正式修正效果的对比分析	34
五、二元非线性最佳经验修正式	35
§ 2-5 药盘静态燃烧时间曲线	35
§ 2-6 长期储存对引信静态燃时的影响	38
§ 2-7 引信药盘的动态燃烧规律	39
一、燃速与压力的公式	39
二、燃速的温度修正式	42
§ 2-8 引信药盘药剂长度的计算	42
一、药剂长度的一般计算式	42
二、地面炮引信药剂长度简化计算式	43
三、对空引信药剂长度简化计算式	46
四、引信药剂长度确定程序	49
§ 2-9 引信药盘分划的确定	50
一、静态与动态燃烧时间的关系	50
二、对地面射击时装定分划的计算	51
三、对空射击时装定分划的计算	53
§ 2-10 药盘时间引信的时间精度	56
一、对药盘引信时间精度的要求	56
二、引信时间精度分布曲线	58
三、时间精度的基本概念	59
四、时间误差表示方法及其换算	60
五、环境温度与压力对燃时精度的影响	63
六、验收季节对引信燃时精度的影响	64
七、长期储存对引信燃时精度的影响	64
§ 2-11 自毁时间药盘的燃烧规律	65
一、自毁时间药盘静态燃烧规律	65
二、自毁时间药盘动态燃烧规律	66
三、自毁时间药盘的燃时精度	67
本章附表	69
参考文献	71

第三章 非自由式钟表时间引信

§ 3-1 基型钟表时间引信	73
一、钟表机构	73
二、发火机构	74
三、隔离机构	75

四、引信作用的全过程	75
§ 3-2 基型引信辅助装置	75
一、时间装定装置	76
二、装定固定装置	76
三、钟表释放装置	77
四、时间点火机构及其辅助装置	77
五、隔离机构及其辅助装置	78
§ 3-3 钟表机构	78
一、钟表机构各装置的功能与作用	78
二、钟表机构作用时间计算式	79
三、钟表机构主要工作参量的选择	80
四、钟表机构设计步骤和原则	81
§ 3-4 振动系统	82
一、平衡摆的开摆力矩	82
二、平衡摆的振动周期	86
三、平衡摆的振幅	89
四、平衡摆的最大角速度	90
五、平衡摆的振动方程	91
六、平衡摆的相平面图	92
七、振动系统的工作参量	93
§ 3-5 擒纵机构	93
一、克鲁伯式擒纵机构的构造	94
二、克鲁伯式擒纵机构的工作过程	94
三、擒纵机构力矩比的计算	97
四、擒轮轮齿冲面的选择	101
五、擒轮轮齿尺寸的确定	101
六、擒纵机构的画法	103
§ 3-6 传动轮系	106
一、传动齿轮的啮合原理	107
二、轮系工作参量的设计	109
三、钟表齿形尺寸的计算	112
四、钟表啮合工作参量的确定	115
五、轮系工作力矩的传递	122
六、轮系强度的校核	123
§ 3-7 发条原动机	125
一、发条原动机工作特点	125
二、发条原动机的构造和作用	125
三、发条自由圈数的计算	126
四、发条的受力分析	128
五、发条理论力矩公式	130
六、发条实际工作曲线	131
七、发条设计原理与步骤	133

§ 3-8 引信作用时间静态调整	138
一、平衡摆行程角的调整	138
二、游丝支承不对称的周期公式	139
三、游丝单支座的调整量计算	140
四、平衡摆加重子调整量的计算	141
五、游丝与加重子的分组与选配	143
六、引信作用时间静态调整的步骤	143
§ 3-9 钟表时间引信动力失调	143
一、引信在旋转环境中的动力失调	143
二、直线水平游丝动力失调	144
三、平衡摆动力失调	151
四、传动齿轮系的动力失调	155
五、发条动力失调	158
六、辅助装置动力失调	161
七、钟表时间引信动力失调	162
八、钟表时间引信的高速停摆	162
§ 3-10 钟表时间引信的时间精度	165
一、引信时间散布的变化规律	165
二、引信的不变时间散布	166
三、引信的可变时间散布	170
四、引信时间精度比较算法	171
参考文献	176
第四章 自由式钟表时间引信	
§ 4-1 克鲁伯体制存在的问题	177
§ 4-2 美M577式钟表时间引信	178
一、美M577引信的主要性能	178
二、M577引信的设计特点	179
§ 4-3 自由式钟表调速器	185
一、调速器的振动周期	185
二、调速器的自由式擒纵机构	187
三、调速器的工作特性	187
参考文献	189
第五章 无返回力矩钟表机构	
§ 5-1 无返回力矩钟表机构	190
§ 5-2 无返回力矩调速器运动特征	193
一、卡摆运动的回归方程	193
二、卡摆运动的特征与规律	195
三、三种卡摆调速器的运动特点	196
§ 5-3 卡摆转动惯量的能量算法	202
§ 5-4 卡摆转动惯量分段算法	205
§ 5-5 卡摆结构设计	212

§ 5-6 擒轮参数的确定	214
§ 5-7 卡瓦和擒轮的画法	217
一、等臂卡瓦调速器的画法	217
二、不等臂卡瓦调速器的画法	217
三、对称卡瓦调速器的画法	218
四、对称销钉调速器的画法	219
§ 5-8 调速器的开摆力矩	221
一、调速器开摆判别式	221
二、擒纵机构啮合传冲效率	221
三、驱动轮运动方程	224
四、轮系的啮合效率	226
五、轴承和附加摩擦损失	228
六、理论开摆力矩	229
七、战术开摆力矩	229
§ 5-9 惯性原动机	231
一、离心齿弧原动机	231
二、离心齿条原动机	233
三、后坐齿条原动机	237
§ 5-10 钟表机构远解距离公式	239
§ 5-11 钟表机构远解时间计算	241
参考文献	247
第六章 电容时间引信	
§ 6-1 电容的充电和放电	248
§ 6-2 差动电容时间引信	256
一、差动电路工作特性	256
二、差动电路工作参量	262
三、差动电路的时间散布	270
四、提高引信时间精度的方法	274
五、EIAZT2S-30电容时间引信	276
§ 6-3 串联电容引信	277
一、串联电路工作特性	277
二、串联电路工作参量	282
三、几种引信的串联电路	284
§ 6-4 苏 Θ BMLII 式电容引信	287
§ 6-5 苏 B-21 式电容引信	291
§ 6-6 德 El. A. Z. C-50(12) 式电容引信	298
参考文献	303
第七章 电子时间引信	
§ 7-1 电子时间引信的特点	304
§ 7-2 美 M587/M724 式电子时间引信	305
§ 7-3 电子时间引信装定原理	311

参考文献	315
第八章 长延期时间引信	
§ 8-1 航引-2 引信计时原理	316
§ 8-2 美M1 化学引信计时原理	317
§ 8-3 苏ΘXB-5 式引信计时原理	319
§ 8-4 苏ABД 式引信计时原理	320
§ 8-5 苏BДД 式引信计时原理	322
§ 8-6 苏ИМН 式引信计时原理	323
§ 8-7 液体小孔长延期计时原理	323
参考文献	324
第九章 定时空炸威力评定	
§ 9-1 地面榴弹定时空炸威力评定的基本概念	325
§ 9-2 定时空炸榴弹杀伤威力的计算	329
§ 9-3 杀伤威力列表计算法	330
§ 9-4 杀伤示性数经验式	338
§ 9-5 卧姿空炸杀伤威力计算式	344
§ 9-6 立姿空炸杀伤威力计算式	347
§ 9-7 杀伤评定系数计算	349
参考文献	354
第十章 引信时间精度要求的根据	
§ 10-1 引信无时间误差的炸高散布	355
§ 10-2 引信有时间误差的炸高散布	356
§ 10-3 炸高散布计算步骤	357
§ 10-4 引信时间精度与火炮允许射程	363
参考文献	365

第一章 时间引信概论

引信技术涉及多种学科，它的发展，常常与许多技术领域的新成就密切相关。如何将新原理、新技术不断地应用到引信中来，是引信设计与研究人员始终面临的新课题，任务十分艰巨。

以力学为基础的机械触发引信，日趋完善，我国出版的《外军引信手册》，收集了美、苏、德、日等国的机械触发引信五百七十多种。1971年美国可供采购的此类引信有近百种。为了减少引信品种，世界各国都在进行引信的系列化、通用化和标准化的工作。许多国家已作出了成绩。关于机械触发引信，无论在结构设计、理论计算和生产工艺方面所积累的知识都是十分丰富的。机械触发引信，在不久将来，有可能向机电触发引信发展与过渡。

以无线电和电子技术为基础的近炸引信，近年来发展很快，大量地采用了最新的科学技术成就。无线电引信体制的成熟，红外线和激光引信的应用，静电感应和微波引信的问世，计算机引信、末端制导和制导引信的出现，使近炸引信的发展更是别开生面，大放异彩。自70年代以来，为了提高无线电近炸引信的抗干扰能力，采用了脉冲调频、相感技术、编码技术和激光微调技术等新技术。一场干扰和反干扰的电子战，正在激烈地展开，引起了引信技术工作者和战争指挥者的极大关注和兴趣。

以稳定的振荡为时基，以数字电路技术为基础的电子时间引信，在时间引信中占有愈来愈重要的地位。它打破了药盘时间引信、钟表时间引信和电容时间引信长期停滞不前的状态，并向遥测、遥控、远距离装定方向迈进。美国第一个电子时间引信M574的诞生，第一个地炮通用电子时间引信系统M587E₂/M724/M36的服役，第一个遥控装定电子时间引信XM445的投入生产，给人们以新的启示。另外，射流技术与电子技术相辅相成，互为补充，又为时间引信的研制开辟了新的天地，找到了新的途径，提出了新的课题。

§ 1-1 时间引信在引信技术发展中的地位

一、引信类型的比例协调关系

触发、时间、近炸，这三种类型的引信，过去装备和当前研制的情况，是不尽相同的。以美国为例，可以宏观地看出，这三大类型引信在不同情况下，有完全不同的比例协调关系。

《外军引信手册》收录有引信型号860余种，在这些引信型号中，机械触发引信（其中包括电、压电、液压、拉发、压发引信等）计575种，占66%；时间引信（包括电子、钟表、药盘和各种长延期引信等）计186种，占22%；近炸引信（包括无线电、红外、超声和电机引信等）计102种，占12%。

另以美国1968~1971年四年间的制式装备引信为例，68种引信总产量在5亿发以上，其中机械触发引信占92.6%；压电引信占0.8%；时间引信占5.1%；近炸引信占

1.2%。然而,科研经费的分配重点,情况完全相反。以1972年美军引信的科研经费3000万美元为例(占三军科研总经费的千分之四),其中陆军占1200万美元。在这1200万美元中,机械引信200万美元,非机械引信1000万美元,非机械引信的研究费为机械引信的5倍。可以看出,美国一方面十分重视机械触发引信的生产储备,以满足近代战争大量弹药消耗的需要,另一方面也十分重视近炸引信和电子时间引信的研制与更新,以发挥弹药的潜在威力。这种比例协调关系值得注意^{〔1〕,〔2〕}。

二、时间引信研究简史

人所共知,火药是我国古代四大发明之一,其研制、生产和使用,在我国有悠久历史,距今已有一千多年了。因此,火药时间引信出现得最早。经历了近7个世纪的漫长年代,到1855年,欧洲开始了研制药盘时间引信的兴旺时期,进入了药盘时间药剂燃烧规律研究高潮,并持续了77年之久。

1918年在德国诞生了钟表时间引信。以后的24年间,是钟表时间引信引人注目的黄金时代。德国的克鲁伯型和容克型钟表时间引信,在世界范围内,整整垄断了62年。1943年出现了配用于高射榴弹用的电容时间引信,但由于它同钟表时间引信一样,难于进一步提高时间精度,使时间引信长期踏步不前。

1943年美国的第一个无线电近炸引信问世。在其后的36年间,在全世界的范围内,掀起了一个近炸引信研究热潮。就收集到的281篇专利看,美国处于遥遥领先的地位。各国近炸引信专利发表分布图,如图1-1所示。

无疑,无线电近炸引信是当代的热门,其主要任务是提高引信的抗干扰能力。为了提高近炸引信分辨能力,噪声雷达引信在50年代曾风行一时,到60年代和70年代,则成了强弩之末了。在70年代,为了抗干扰,相继产生了高分辨能力的脉冲调频式、相感式、编码式,以及激光微调式的无线电近炸引信。

随着近炸引信抗干扰能力的提高,相应地干扰技术与干扰手段也在提高。也许正是由于近炸引信存在易于被干扰的缺点,而克服这一缺点又存在许多技术难关的原故,自60年代以来,美国又重新加紧对各种时间引信的研制。1963年开始进行数字式电子时间引信与射流时间引信的研究。1964年又展开了钟表时间引信新体制的研制。M577式钟表时间引信研制的进展很快,仅用了不到三年时间,就取得了令人满意的结果,并于1981年交付使用。电子时间引信,经过八年研制,第一个地炮通用的M587E₂/M724系统及其装定器M36E₁定型,并于1980年初装配军队。

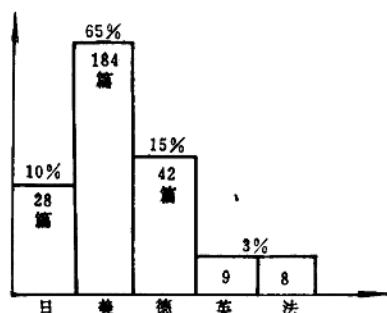


图1-1 主要国家近炸引信专利分布图

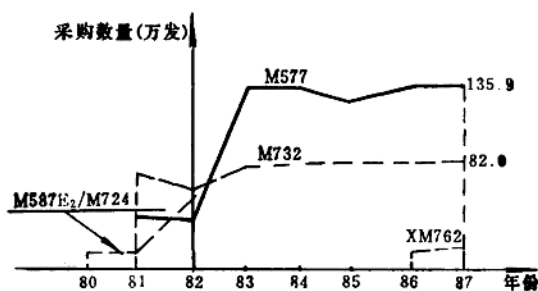


图1-2 美陆军三种典型引信预计采购曲线

值得注意的是,自从M577式钟表时间引信交付使用以来,装备范围正在不断地扩大。它已配用于美、英、加、澳等四国的中、大口径火炮弹丸上。从美国陆军1981~1987财年预计采购引信的数量看,直至1987年,M577式钟表时间引信的采购量,将一直处于领先地位,如图1-2所示。应当指出,图中M732无线电近炸引信和M587E₂/M724炮用电子时间引信系统的性能都比较完善,技术都比较先进。

美国在电子时间引信研制上,进展很快。在第一个地炮通用电子时间引信系统装备部队前,就着手进行遥控装定电子时间引信XM445的研制,1979年试验成功;1982年进行3740发的首批生产。与此同时,还进行了遥控装定炮用电子时间引信XM762的研制,在86-87财年采购后,将取代M577、M582、M587和M724等四种引信^[3]。

三、时间引信的威力

自1943年美国第一个无线电近炸引信问世以来,这种新型引信的威力,就引起了世界各国军事家们极大的兴趣。同年,美国用127mm高平两用舰炮对空射击,共发射36370发炮弹,其中有75%配用钟表时间引信,25%配用无线电近炸引信。据统计,被配有无线电近炸引信的炮弹击落的飞机,占被击落飞机总数的51%。这表明,配用无线电近炸引信的炮弹威力,相当于配用钟表时间引信同种炮弹威力的3倍。这一记录,引起了军界的广泛注意。1944年到1945年期间,美国为了证实这点,又在90mm高射炮上进行了对比试验,折算结果,近炸引信威力约为钟表时间引信的1.55倍。也曾分别用100mm和85mm高射炮进行无线电近炸引信的对空射击试验,其毁歼概率约为钟表时间引信的1.5~2倍。

应当指出,时间引信虽然不及近炸引信的毁歼概率高,然而确比触发引信的毁伤威力大得多。

美国曾对M-81、M-64和M1A1炸弹进行了对比实验,结果表明,近炸引信威力是触发引信的3.2~21.6倍,若按近炸引信威力为时间引信的2倍计,则时间引信可为触发引信的1.6~10.8倍;随后又对T-6和M-4火箭进行了对比实验。结果表明,近炸引信威力是触发引信的4倍;同样推理,则时间引信威力可为触发引信的2倍。

1974年,瑞典博福斯兵器公司在完成40mm高射炮无线电引信研制任务后,将近炸引信与触发引信对飞机进行对比射击实,近炸引信为触发引信威力的6倍,对导弹进行对比射击,则近炸引信为触发引信威力的100倍。照此推论,在以上两种对比射条件下,时间引信的威力应为触发引信的3倍和50倍。

四、环境影响给电子引信带来的新问题

未来的战争,将会是立体的、高速的中子战、原子战、电子战和光子战。引信的工作环境极端恶劣。无论是电子时间引信,还是无线电近炸引信,它们均采用集成电路,在高过载、高转速、中子流、高温辐射、原子辐射、电离辐射、静电感应、磁场感应、冲击、振动等环境中,将产生机械干扰和电子干扰,从而严重地影响引信正常工作。

1. 环境温度的影响 在勤务处理中,引信环境温度规定为 $-40\sim+50^{\circ}\text{C}$ 。火炮发射时的膛内温度是比较高的,如82迫击炮在连续射击30发后,炮管外表面温度可达 300°C 以上;根据经验公式计算,100mm高射炮弹的初速为880m/s时,引信风帽表面温度可达到 $338\sim 412^{\circ}\text{C}$ 。这一温度对于电器元件,显然不容忽视。对于晶体三极管,温度每增加 10°C 锗管和硅管的反向饱和电流 I_{CS0} 值将增加一倍;当温度从 15°C 增加到

45°C时, 电流放大系数 β 值大约增加30%, 随着温度的继续增加, β 值呈线性变化; 温度对基极电压 V_{BE} 也产生影响, 当基极电流 I_B 一定时, 温度每升高1°C, $|V_{BE}|$ 下降约为2~2.5mV。 I_{CBO} 、 β 与 V_{BE} 值是晶体三极管的主要工作参量, 其大小将直接影响晶体三极管的正常工作。

2. 中子流的影响 引信中的晶体三极管, 在高速中子流的照射下, 增益会下降。通常, 当中子辐射达到 $10^{12}\sim 10^{14}\text{E/m}$ ($E=10\text{keV}$)时, 硅器件的电特性就开始起变化。在高速中子流照射双极型晶体管的场合中, 电流增益 h_{FE} 的恶化将导致物理参量的改变, 主要是基区渡越时间与基区宽度的改变。

3. 稳定电离射线的影响 在稳定的电离射线照射下, 双极型晶体管的漏电流会增加, 这对于低电流大面积器件, 影响尤其显著。根据射线照射试验, 对n沟道MOS随机存储器对电离射线非常敏感。在美国, 无论那个厂家的产品, 硅器件在3500rad吸收剂量下, 失效率几乎都为100%。在MOS器件中, 其阈值电压 V_T 的变化与辐射量和施加的栅偏压有很大关系。在+12V栅偏压下, 当硅器件受到3000rad的照射, V_T 要漂移0.2~0.4V。根据电路分析, 对于n沟道MOS器件, 只允许 V_T 在0.2~0.3V的范围内变化。在栅偏压为零的试验场合, 10^4rad 的吸收剂量, 就使 V_T 变化0.3V, 从而导致失效, 在CMOS器件中, 其效应也是相仿的。

4. 瞬时电离射线的影响 在受到瞬时电离射线照射时, 无论什么样的反偏Pn结都会产生光导电流, 把数字电路逻辑状态从“1”变为“0”。根据试验结果, DTL、TTL和小功率肖特基TTL器件, 在 $5\times 10^6\text{rad/s}$ 以上的吸收剂量率, 逻辑状态就会变化。瞬时光导电流还会引起另一种现象, 叫做锁存现象。它发生于能产生可控硅作用或二次击穿效应的集成电路中。在这种状态中, 光导电流可把电子器件封锁(固定)于某一状态, 即使将电源切断, 甚至将电路破坏, 这种状态也保持不变。

5. 静电的影响 静电不仅在生产中普遍地存在, 而且还存在于弹道环境中。云的形成, 可以产生100kV的电荷。电子器件在飞向某一目的地时, 很有可能在中途失效。值得注意的是, 人体具有电容特性, 在起电荷存贮作用时, 低于10kV的电荷, 人也感觉不出来, 而比这小得多的电荷, 就能将器件毁掉。象100V这么低的静电, 也可以使至少五类半导体器件的质量严重下降, 并发展到彻底损坏。受影响最严重的电路是MOS电路, 其击穿电压因静电影响, 至少会降低60%, 而且芯片上单个分子的局部发热效应, 在以后很可能继续发展, 直至最后电路陷入“闭锁”状态而停止工作。对于MOS器件来说, 静电电压的积累, 带来的主要危险是使栅和衬底之间, 起绝缘作用的氧化物或氮化物的薄层(一般只有0.1 μm 厚)“穿通”。因此, 采用一个或多个MOS电容器的线性集成电路, 最容易产生静电放电故障。

6. 高过载的影响 通过试验发现, 在高过载的作用下, 存贮信息的CMOS触发器, 将有部分改变工作状态, 从而破坏原存信息, 而只有MNOS存贮器不存在这种问题⁽⁴⁾。

五、恶劣环境将迫使射流时间引信问世

鉴于战场环境的恶劣, 造成对电子引信正常工作的威胁。而机械引信, 包括钟表时间引信, 对恶劣环境的承受能力要强得多。就钟表时间引信而言, 它的明显缺点是精度愈来愈不能满足现代战争的需要。即使目前最优秀的M577钟表时间引信的时间精度已

比容克式提高了 5~10 倍,但由于受机械计时机构本身作用原理的局限(参看表 1-1),企图得到更高的时间精度是不可能的。这就迫使人们去研究抗干扰能力极强的,更为新颖的射流时间引信^[6],即一种利用射流计数装置进行计时的时间引信。

表 1-1 几种时间引信性能对比表

性能	钟表时间引信				电子时间引信
	时-5	时-1	M565	M577	M 587/M724
最大作用时间[s]	28.13	85	100	200	200
装定分辨率[秒/分划]	0.165	0.472	0.1	0.03	0.1
引信装定时间[s]	28.13	71	100	115	200
相对均方散布	0.7%	0.6%	1%	0.13%	0.1%
均方散布[s]	0.20	0.51	1.00	0.15	0.20

射流技术是 60 年代发展起来的一门新技术,它与电子技术相辅相成,互为补充,已在各工业部门得到较为广泛的应用。射流元件是仅依赖于流体运动,进行信号转换、计数、逻辑运算、放大、控制等作用的器件。多方面的实践证明,射流元件具有稳定可靠、工作频率较高、可以集成化和使成本降低的优点。在电子引信不适宜的恶劣环境,采用射流时间引信,具有更为突出的优越性。美国自 1963 年开始研究,虽然已有了一个良好开端,但至今进展不大;日本也曾有过这方面的专利发表。可以相信,射流时间引信的问世,是指日可待的。

§ 1-2 时间引信的用途与分类

一、时间引信的用途

时间引信,又称定时引信,主要用于高射炮、地面炮、海军炮的杀伤弹、榴霰弹、子母弹、燃烧弹、照明弹和宣传弹上,也用于迫击炮弹、火箭弹、导弹、航弹、鱼雷、水雷和地雷上。时间引信是一种预先手动或自动装定时间的自行起爆装置,这是区别于触发引信和近炸引信的主要标志。

时间机构与装置,作为一个部件,可作各种触发引信的远解机构、自炸机构和长、短延期装置。也可以作远距离接电装置,以提高无线电近炸引信的抗干扰能力。

二、时间引信的类型

时间引信,按其计时原理,可以分为火药时间引信、钟表时间引信、电子时间引信、射流时间引信、长延期时间引信等。下面依次作简要介绍:

1. 火药时间引信 利用火药药剂平行层燃烧计时的时间引信,称为火药时间引信。由于结构不同又可分为药盘时间引信和黑药铅管时间引信。

药盘时间引信是世界各国普遍采用的一种引信。从现有资料中看出,苏、日、英等国多把药盘时间引信用于线膛炮上,美国多把药盘时间引信用于滑膛炮上,而德国在装备上却极少采用药盘时间引信。

药盘时间引信若按药盘数量和结构分,又有双药盘时间引信、三药盘时间引信、四药盘时间引信、双槽双药盘和带固定药盘的双药盘时间引信等。然而,经过更新换代后,在各国的制式药盘时间引信中,现在普遍采用的是双药盘时间引信和三药盘时间

引信。

2. 钟表时间引信利用钟表机构计时的时间引信, 称钟表时间引信, 或称机械定时引信。钟表时间引信尽管型式繁多, 但结构上大同小异。在各国广泛采用的有克鲁伯式、容克式、瓦罗式、狄克斯式, 以及 1981 年交付使用的 M577 式。

克鲁伯式钟表时间引信是一种单转装定的计时引信。以摆一直线水平游丝为振动系统, 以发条为原动机, 具有良好的工作性能和较高的时间精度。

容克式钟表时间引信也是一种单转装定的计时引信, 也是以摆一直线水平游丝为振动系统。与克鲁伯式不同的主要有两点, 一是以离心齿弧作原动机, 二是带瞬发触发机构, 因此, 结构更为复杂, 时间精度也不如克鲁伯式。但它比克鲁伯式多一种功能, 是一种双用引信。

瓦罗式钟表时间引信有两种, 一种是 40s, 一种是 36 s。前者为多转装定, 采用发条原动机, 后者仍为单转装定, 采用两个离心齿杆作原动机。它们以摆一螺旋扭转弹簧为振动系统, 摆簧间通过伞齿轮连接。其擒纵机构也非常特殊, 完全不同于一般钟表机构。这种钟表时间引信瞎火率低, 但时间精度远不如前两种。

狄克斯式钟表时间引信也是一种单转装定的计时引信。为了提高引信时间精度, 采用自由式擒纵调速器, 其振动系统为摆一直线垂直游丝, 并以离心钢珠作原动机。因为有触发机构, 所以该引信为双用引信。

M577 式钟表时间引信是一种多转装定的时间引信。同狄克斯式一样, 也采用了自由式擒纵调速器, 其振动系统也是摆一直线垂直游丝, 但采用了发条原动机。M577 也是一种双用引信。其作用时间之长, 精度之高, 在钟表时间引信中, 是前所未有的。

3. 电子时间引信 利用模拟电路或者数字电路计时的时间引信, 均称电子时间引信。为了区别, 把前者叫做模拟式电子时间引信, 把后者叫做数字式电子时间引信。

模拟式电子时间引信又称为电容时间引信。由于这种电子时间引信的时间精度差, 目前均以它作时间精度要求不是太高的远解装置, 自炸装置和远距离接电装置。

4. 射流时间引信 以射流器件组成数字线路, 以等时的射流脉冲信息进行计数, 控制引信的作用时间。

5. 长延期时间引信 利用物理学、化学、电化学的某些随时间变化的规律进行计时, 控制引信的作用时间。这一类时间引信很多, 如化学时间引信、电化学时间引信、液压时间引信等。由于它们的时间散布很大, 多用于航弹、鱼雷、水雷和地雷上。

§ 1-3 近期火炮弹丸对引信作用时间的要求

保证引信满足军方提出的最大装定时间和合理时间精度, 是时间引信设计的两项基本要求。然而, 不同兵种、不同类型及不同口径的火炮对引信作用时间的要求, 是不一样的。在不同射击条件下, 弹丸飞行时间的示意图, 如图 1-3 所示。图中, t_{H}^{\prime} 为有效射飞行时间; t_{Hm}^{\prime} 为曲射飞行时间; t_{Hr}^{\prime} 为远空射击飞行时间; t_{Hm}^{\prime} 为远程射击最大飞行时间。

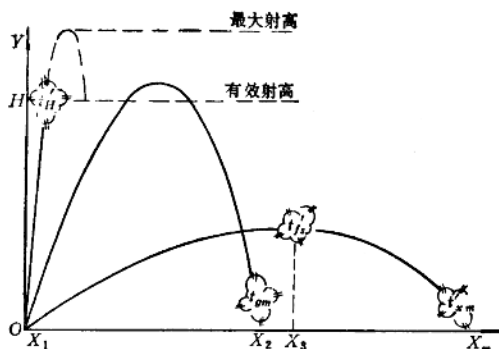


图1-3 不同射击条件弹丸的飞行时间示意图

一、地面炮兵对引信作用时间的要求

根据 15 种不同口径的地面加农炮、榴弹炮和迫击炮的计算，现役地面炮的射程、弹道高与弹丸飞行时间分别为：

最大射程： $X_m = 3040 \sim 27300\text{m}$ ；

最大弹道高： $Y_m = 903 \sim 10900\text{m}$ ；

飞行时间： $t'_{x,m} = 27.34 \sim 94.12\text{s}$ 。

应当指出，根据我国现役火炮射击精度计算，如果地面炮杀伤爆破榴弹配用单纯时间引信，当火炮射程大于 18km 时，即便引信时间散布为零，其杀伤效果也将低于弹丸的瞬发碰炸作用，因此，配用时间与瞬发的双用引信比较合适。

二、高射炮兵对引信作用时间的要求

对高射炮兵来说，火炮的高射性显然比远射性有更大意义。高炮对空射击时，确保弹丸在有效射高范围内适时起爆，发挥高射炮最大潜力，是时间引信的重要任务之一；同时，引信作用时间还必须保证弹丸远空射击适时起爆，甚至于保证弹丸远射和曲射时仍能适时起爆。通过对现役中，大口径高射炮射击计算，得：

对空射击时

远空射高与有效射高： $Y = 5434 \sim 12000\text{m}$

弹目（目标静止）接近速度： $v_{dm} = 150 \sim 356\text{m/s}$

飞行时间： $t'_H = 30 \sim 36.4\text{s}$

远程射击时

最大射程： $X_m = 14620 \sim 21400\text{m}$

最大弹道高： $Y_m = 5434 \sim 7939\text{m}$

飞行时间： $t'_{x,m} = 64.14 \sim 77.69\text{s}$

目前，现役高射炮对空射击，均配用时—5 钟表时间引信。该引信最大装定时间为 28.13s，若“最佳射高”按 $Y = 8000 \sim 10000\text{m}$ 计，一般讲是足够了。但若遇特殊战机

对于最大射高，特别是有效射高范围内的目标，打不打呢？若要打，则应把最大装定时间扩大到 36.4s，或者扩大到 45s。

高射炮曲射时的最大飞行时间为 88.29~115.04s。虽然用高射炮打曲射的战例不多见，但也不能排除这种射击的可能性。

三、海军炮对引信作用时间的要求

海军用的高平两用炮与舰炮，弹丸初速高，高低射界宽，用于海对海、海对空时，有很好的远射性和高射性。对海军曾装备过的火炮计算结果得

远程射击时

最大射程： $X_m = 22000 \sim 30600\text{m}$

最大弹道高： $Y_m = 7830 \sim 14553\text{m}$

飞行时间： $t'_{xm} = 78.2 \sim 111.44\text{s}$

对空射击时

远空射高与有效射高： $Y = 7830 \sim 18244\text{m}$

弹目（目标静止）接近速度

$$v_{am} = 201 \sim 316\text{m/s}$$

飞行时间：

$$t'_m = 36.46 \sim 44.39\text{s}$$

若海军炮用于曲射，其弹丸最大飞行时间， $t'_m = 113.4 \sim 135.38\text{s}$ 。

§ 1-4 引信作用时间增长趋势

一、引信作用时间随初速增长的趋势

美国 M198 式 155mm 牵引榴弹炮（配 M549 型炮弹射击，平均初速稳定在 812~840m/s 范围内）与我国同类型火炮 56 式 152 榴弹炮的比较参看表 1-2。由表中所载各项指标看，如果我国同类火炮达到美国水平，为满足远射和曲射要求，引信的作用时间必须大于 113.5s。

表 1-2 155 和 152 榴弹炮弹道参数增长比

火炮名称	初速 v_0 [m/s]	最大射程 X_m [m]	最大飞行时间 t'_m [s]
美 M198 式 155 榴	840	22600	113.51
56 式 152 榴	508	12676	69.63

对于加农炮来说，随着火炮性能的提高，初速将突破海双—100 高平两用炮的初速 $v_0 = 1000\text{m/s}$ 的水平。弹丸飞行时间 t'_{xm} 随初速 v_0 增大，呈线性变化，如图 1-4 和图 1-5 所示。比较两图可看出，射角增大时，不仅初速初始值增大了，并且线性增长率也增大了。可以预言，随着 100~152mm 加农炮初速的增加，弹丸飞行时间必将大大地超过 136 s。