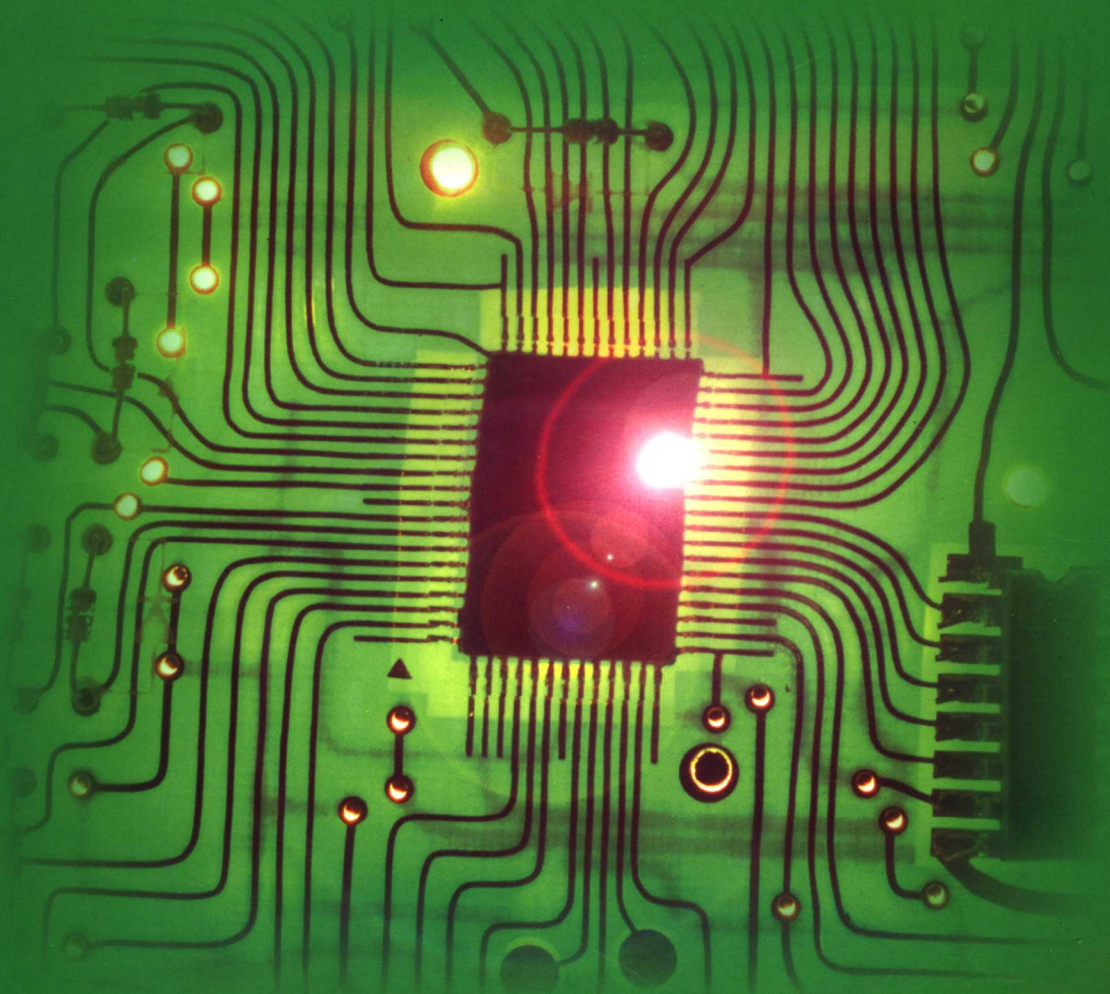


面向21世纪军工院校规划教材

电引信设计及其应用

王利 主编



面向 21 世纪军工院校规划教材

电引信设计及其应用

王利 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

全书共分6章,重点介绍电触发与电子时间引信。第1章绪论;第2章讲述电触发引信设计原理;第3章介绍模拟计时电路;第4章重点讲述了数字式电子时间引信及其典型电路的设计;第5章介绍引信用电源与开关设计的基本知识;第6章是典型引信介绍。

本书内容结合了现今引信发展的新技术,通俗易懂,可作为高等院校探测制导与控制技术专业的教材,也可作为从事引信技术的科研和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电引信设计及其应用 / 王利主编. —北京:国防工业出版社, 2006.7

面向21世纪军工院校规划教材

ISBN 7-118-04572-1

I.电... II.王... III.电引信-设计-军事院校-教材 IV.TJ430.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第063743号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 10½ 字数 233千字

2006年7月第1版第1次印刷 印数 1—2500册 定价 20.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是作者在教学和科研工作的基础上,参考国内外有关文献,经总结加工编写而成。

本书作为大学本科探测、制导与控制技术专业学生的使用教材,同时也是引信技术科技工作者的必备参考书。作者在总结国内外电引信发展的基础上,结合教学与科研的工作经验与成果而编写,内容仅限于讨论电触发与电子时间引信。

全书共分6章:第1章为绪论;第2章讲述电触发引信设计原理;第3章介绍模拟计时电路;第4章重点讲述了数字式电子时间引信及其典型电路的设计;第5章介绍引信用电源与开关设计的基本知识;第6章是典型引信介绍。第1章、第3章、第4章和第5章由王利执笔;第2章由关世玺执笔;第6章由周春桂执笔;其中插图与公式由研究生杨昭、纪霞等完成。在本书写作过程中得到探测、制导与控制技术专业全体教师的支持和帮助,在此表示感谢。由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

作者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电引信的发展与军事需求	1
1.2 电引信的特点	1
1.3 电引信电路的设计要求	2
第 2 章 电触发引信设计	4
2.1 电触发引信原理框图	4
2.2 膛内储电电源	5
2.2.1 压电法储电	5
2.2.2 爆电法储电	6
2.2.3 磁电法储电	7
2.3 膛内储电电路类型	7
2.3.1 储电开关与负载串联电路	7
2.3.2 储电开关与负载并联电路	8
2.3.3 并联二极管储电电路	9
2.4 安全保护电路	9
2.4.1 电源失效时保证引信可靠发火电路	9
2.4.2 隔爆机构失效时的安全保护电路	10
2.4.3 触发开关意外闭合时的保护电路	10
2.4.4 过渡过程引起早炸事故的消除	11
2.5 瞬发、延期装定转换与延期解除保险、自毁电路	12
2.5.1 瞬发与延期装定转换电路	12
2.5.2 自毁电路	13
2.5.3 防雨触发电路	14
2.6 膛内储电的 PIBD 电引信	15
2.7 榴弹触发电引信	18
2.7.1 高性能电引信的构造	18
2.7.2 引信的电子线路	20
2.7.3 对引信方案的评价	22
2.8 肩射地对空导弹触发电引信	22
2.8.1 对肩射地对空导弹引信的要求	22
2.8.2 苏 9K32M 导弹引信	23

习题	27
第 3 章 模拟计时电路	28
3.1 概述	28
3.2 基本模拟计时电路及其精度分析	30
3.2.1 基本 RC 计时电路	30
3.2.2 电容器电源供电的 RC 计时电路	32
3.2.3 级联 RC 计时电路	33
3.2.4 差动式 RC 计时电路	34
3.2.5 计时电路精度分析	36
3.2.6 具有自动补偿功能的计时电路	38
3.3 长时间 RC 计时电路	40
3.3.1 RC 长时间计时电路	40
3.3.2 倍增 RC 计时电路	41
3.4 米勒积分器	44
3.5 电平检测器与执行级	46
3.5.1 电平检测器	46
3.5.2 延时电路和电压检测电路设计	50
3.5.3 执行级开关	51
3.6 装定机构	53
3.7 B—21 引信	54
3.7.1 B—21 引信电路	54
3.7.2 B—21 引信的构造与作用	55
3.8 差动式电容时间引信	56
习题	57
第 4 章 数字式电子时间引信	59
4.1 概述	59
4.1.1 国内外电子时间引信发展概况	59
4.1.2 电子时间引信的特点	60
4.2 电子时间引信框图	61
4.2.1 电子定时器	61
4.2.2 电子手表框图	64
4.2.3 电子时间引信框图	65
4.2.4 对电子时间引信的特殊要求	65
4.3 数字式电子时间引信的装定	66
4.3.1 分类	66
4.3.2 装定装置的应用特点	66
4.3.3 基本要求	66

4.3.4	装定原理	67
4.3.5	装定脉冲频率的选择	67
4.3.6	串联装定与并联装定	68
4.3.7	频率比较装定法	68
4.3.8	求补数的方法	70
4.3.9	装定信息的存储与改写	70
4.3.10	装定精度分析	70
4.4	时基振荡器的设计	73
4.4.1	对时基振荡器的要求	73
4.4.2	谐波振荡器	74
4.4.3	脉冲振荡器	88
4.4.4	时基振荡器类型的选定	89
4.5	同步脉冲发生器	90
4.6	分频与存储计数器设计	92
4.6.1	分划定标电路设计	92
4.6.2	存储计数器设计	92
4.6.3	控制电路设计	95
4.7	引信时序控制电路	96
4.7.1	复零与读数脉冲发生器	96
4.7.2	装定、计时转换电路	99
4.7.3	装定、计时控制信号发生电路	101
4.7.4	检查与核查转换电路	101
4.7.5	程序控制计数器	103
4.8	电延期解除保险与发火控制电路	104
4.8.1	电延期解除保险电路	104
4.8.2	发火控制电路	105
4.9	倍压与电平转换电路	106
4.9.1	倍压电路	106
4.9.2	直流电压变换器设计	108
	习题	109
第5章	引信用电源与开关设计	110
5.1	引信电源的分类与要求	110
5.2	化学电源	111
5.2.1	铅、二氧化铅-氟硼酸电池	111
5.2.2	液氨电池	112
5.2.3	锂电池	112
5.2.4	热电池	117

5.3 物理电源	120
5.3.1 应用特点	120
5.3.2 基本要求	120
5.3.3 旋转式发电机	121
5.3.4 振动发电机	135
5.3.5 直线发电机	136
5.4 爆电换能器	137
5.4.1 结构形式	137
5.4.2 爆电换能器作用过程的简化物理模型	138
5.4.3 设计计算	139
5.5 开关设计	140
5.5.1 远距离接电开关	140
5.5.2 触发开关	143
习题	147
第 6 章 典型引信介绍	148
6.1 引信的主要性能	148
6.2 引信的电源	149
6.3 引信的时基振荡器	149
6.4 引信的分频器	150
6.5 引信的时序控制器	151
6.6 引信的存储计算器	151
6.7 引信的远距离接通电路	153
6.8 引信的点火电路	154
习题	154
参考文献	155

第 1 章 绪 论

1.1 电引信的发展与军事需求

第二次世界大战期间,电引信技术引起了人们广泛注意,许多国家都争先研制、生产电引信。如苏联生产、装备过 B—21 空对空火箭弹引信,ABU 航弹引信。当时德国曾大量装备过航空炸弹、火箭弹和炮弹电引信,其中主要是电容时间引信。美国发展了无线电近炸引信(当时简称为 VT 引信),它被称为第二次世界大战期间的仅次于原子弹的重大军事发明。20 世纪 80 年代,在小口径火炮配用的近炸引信中,有代表性的是法国和意大利联合研制的 TB40 和 TB35 引信。为了增加小口径火炮的防空反导能力,瑞士 20 世纪 90 年代开发了 35mm 高炮 AHEAD 弹的炮口感应装定弹底时间引信。该系统逐发测出炮口初速,并据此修定电子时间引信的装定时间,误差在 1ms 以下。美军从 2000 年开始研制 XM784/785 迫击炮电子时间引信,以及 120mm 迫击炮火箭增程弹用的 XM984 引信,该引信既为增程火箭发动机提供点火信号,又为爆炸序列提供起爆信号。母弹引信多为电子时间引信,如美国加榴炮 M762A1/M767A1、70mm 火箭 M439 和远程多管火箭 M445 电子时间引信。美国破甲弹引信自 20 世纪 90 年代以来,已换代为带头部屈服开关的储电式机电引信,瞬发度提高数倍,主要装备的是 M763(105mm)、M764(120mm)和 M740(155mm 激光制导炮弹)机电触发引信。1990 年后出现了微机电技术,微电子技术、毫米波技术、红外技术、GPS 技术和网络技术都已成功地应用在引信上。引信的本质是目标探测与炸点控制,信息技术的任何一项突破都很快在引信上得到应用。

1.2 电引信的特点

电引信是利用电子技术获取目标信息并实现引爆控制的引信,它包括电子触发引信、电子时间引信、近炸引信等。电引信具有如下特点:

(1) 电引信的瞬发度高,它能在感受目标存在之后的几十微秒到一百微秒的时间内引爆炮弹。这个时间比机械触发引信的几百微秒短得多,而高瞬发度对发挥某些品种弹药的潜在威力有重要的意义。

(2) 电引信的敏感元件与起爆元件可以分开配置。如把敏感元件放在弹头,起爆元件放在弹底,比较理想地实现了弹头始发、弹底起爆的作用方式(PIBD 引信),从而大大地提高了破甲弹的破甲性能。

(3) 电引信提供了一种准确计时和延期的新手段。

(4) 电引信备有电源,它可以实现电发火、电延期解除保险、电自毁。因此,它可在简化引信结构的同时,增加与完善引信的性能,使引信具备多种功能。

(5) 由于微电子技术的发展,超小型电子器件与集成电路的出现,使得电引信,特别

是小体积的炮弹引信里可以采用多路发火,延期解除保险、计时、自毁电路,即实现了冗余储备技术,采用储备装置可以提高引信的作用可靠性和对目标的毁伤性能。这一点对贵重弹药有特别重要的意义。

(6) 电引信的基本功能,可设计成能在仓库堆放条件下进行检验,剔除有故障的引信。这样就可保证引信具有很高的正常作用率,减少引信瞎火与不安全的事故发生。

(7) 电引信的运动零件少,因此勤务处理安全性好。

1.3 电引信电路的设计要求

引信电路是引信中组成电流路径的各种装置(电路)以及电源的总体。如近炸引信中的目标敏感装置(TDD,亦称目标探测器)、信号处理电路和执行电路;各种电子定时器和电子时间引信中的机芯电路与装定电路;碰炸引信中的电触发敏感装置、压电敏感装置中的发火电路以及机电一体化保险装置、全电子保险装置中的电路等。

引信电路设计应满足下列基本要求:

1) 应符合引信战术技术指标中的有关规定

引信电路设计应首先考虑如何满足引信战术技术指标的有关要求。引信电路一般由几个、几十个,甚至几百个元器件组成,它直接影响到引信整机的环境适应性、使用性(含维修性)、标准化和经济性等要求,而对引战配合、抗干扰性、安全性和可靠性则关系尤为重要。近炸引信的引战配合、抗干扰性主要取决于引信电路的正确设计,而安全性和可靠性也有相当大的比重归结于引信电路的设计。

例如,无线电近炸引信,引战配合的指标主要取决于天线方向图的选择、目标信号的处理、起爆信号的控制,这基本上是由信号处理电路来实现。而抗干扰性则取决于工作频段、天线带宽、副瓣水平、目标识别和 ECCM 等,这也是由引信电路来完成。

引信电路设计,特别是关于电解除保险信号、人工操作对意外作用和外部电磁场辐射的防护等各项要求,应符合 GJB 1244 和 GJB 373A 中有关规定。

引信电路设计在满足引信战术技术指标要求的前提下,应采用先进和实用的电路,要避免过高的指标,尽可能选用经过实践考验并证明安全可靠的电路。

2) 应优先采用成熟电路

现代电子电路的发展很快,但在引信电路设计时不能盲目追求先进,除要根据引信战术技术指标的要求、有的放矢地采用某种新型电路设计外,还应考虑性能指标的相互匹配和成本价格的经济性。特别要防止全面抛弃已有产品的成熟电路,对能够满足战术技术指标要求的,应尽可能保留下来。一种新型号的引信电路,假若抛弃同类引信的全部电路,完全重新设计,使次要矛盾掩盖主要矛盾,将会导致研制周期延长,产品成本提高。

3) 应优先采用集成电路减少分立电路

理论和实践都证明,集成电路的可靠性显著优于分立电路。在引信电路设计中要尽量选用集成电路并尽可能减少分立元器件的使用。引信集成电路设计应符合 WJ 2061 中的有关规定。

应采用成熟的引信电路。如产品生产规模较大和成本核算允许,还应从通用集成电路过渡到专用集成电路(ASIC),以提高经济效益和引信整机的可靠性。

4) 应优先采用数字电路

根据现代引信技术的发展和战技指标要求的不断提高,引信电路采用模拟电路有时就不能满足要求。从电路集成的角度,数字电路也比较容易做成较大规模。现代引信电路设计已由模拟电路逐步转化为数字电路。引信电路数字化,也给专用集成电路的应用打下良好基础。数字电路给出了功能要求,因此专用集成电路(ASIC)的转换设计就可较快实现。

5) 应采用计算机辅助设计(CAD)

在引信电路设计方面,已积累了不少的经验教训。在这样的基础上,应开展引信电路的计算机辅助设计,使引信设计提高到一个新水平。

引信电路的计算机辅助设计,首先要建立引信电路的常用原材料、元器件数据库、典型的引信电路数据库等原始资料库,运用现行的电路计算机辅助设计方法,建立一套完整的引信电路计算机辅助设计的系统软件,供引信电路设计时使用。

6) 应尽可能体积小、重量轻

体积小、重量轻的设计是提高引信电路强度的措施。这对小口径炮弹引信尤为重要。当直线加速度为 $50000g$ 、转速为 $5000r/min$ 时,其重量每降低 $1g$,引信电路所承受的冲击力就可以减少 $490N$,且体积的减小会使引信电路所承受的离心力大大降低。减小了体积、重量,就等于提高了强度。

7) 结构设计应合理

为实现引信电路设计指标,特别是满足恶劣环境条件要求,应合理设计引信电路的结构。引信电路结构设计要点是:不容许电路及其元器件相互间存在可以移动的空隙,以避免在强烈的冲击震动下产生位移运动。只要空间位置许可,应尽量将电路安置在靠近引信(弹丸)轴线处,以减少离心力所造成的影响。

可以采取缓冲或减震的方法来降低最终施加到引信电路部分的各种力。但发射时冲击力持续时间很短,普通的缓冲或减震方法往往反应不及。通常采用塑料封装的方法。灌封或塑封使整个引信电路处于密封状态,这不仅在一定程度上起到缓冲或减震的作用,而且对外界环境的水分、潮气侵入有较好的保护,对外界环境的温度变化也不敏感。引信电路一般功耗较小,工作时间很短,散热问题并不突出。相反,封装以后外界环境的温度变化不容易传递到引信电路上,这对引信电路的高低温性能有利。

8) 选用的元器件应有相应标准或专用技术条件

引信电路设计所选用的元器件应符合有关标准的规定,并按有关规定进行筛选、老化。对无线电引信用电子元器件应按 WJ/Z242 中的有关规定进行筛选。对没有按规定进行筛选、老化的元器件不得进行装配。当选用进口元器件时,应严格进行检查、筛选和老化。

第 2 章 电触发引信设计

对于各种类型的电引信,除因弹药品种不同对它提出的要求不同外,它们之间有着许多共同的特殊要求:

(1) 要求电源平时不激活。用来激活电源的环境因素最好是弹丸发射时的后坐力、离心力或出炮口后的飞行速度。因为,使用这种电源的引信,只要弹药未发射,它就不会带电。这样它在储存、运输、发射过程中的安全性是很高的。电源激活时机的选择很重要,引信上常常采用发射时激活的储备式电源。此类电源的电解液与电极是分开的,发射瞬间装电解液的小瓶打碎,在离心力、后坐力或弹簧力作用下,电解液充满电极间,开始发电。另一方法是选用永磁发电机,这种电机只有处于发射环境中才发电。这几类电源激活时机虽大体相同,但激活的快慢是不一样的,其快慢必须满足引信工作要求。对电触发引信电源,除破甲弹引信不允许激活时间过长外,其余关系不大。而电子时间引信对电源激活快慢要求却很严格。电源激活愈快,散布时间愈小,引信的计时精度也就愈高。

此外,要求电源的储存寿命在 10 年以上,最好达 20 年。

(2) 要求电雷管平时安全。电雷管的平时安全,在结构上是让它与导爆药错位。在电路上,还要求电雷管自身短路或开路屏蔽,并与电源或储能电容器断开。只有当雷管与导爆药对正之后才接入电路,而且发火电容是慢慢充电的,这样引信兼有机械延期解除保险和延期充电的性能。

至于电雷管平时是采用短路方案还是开路方案,要看它的类型和结构而定。对于非屏蔽式的桥式、薄膜式、火花式电雷管采用短路方式则能提高安全性;而对于屏蔽式结构的导电药电雷管,却只能采用开路方式,否则安全性还会变差。

(3) 要求引信的大部分性能可进行无损检验。无损检验是电引信的重要优点。它在仓库堆放条件下可通电测定其性能,并剔除有故障的引信,从而提高引信的可靠作用率。因此在设计引信时,要使尽量多的电路单元可在平时通电测定。经有限次检测之后,不应影响发射后的性能。

(4) 要求采用冗余储备技术和防止电路间相互干扰。引信的计时、延期解除保险、发火、延期等电路最好有多路并联储备,而且任何支路失效都不应影响其余部分性能。采用并联储备,只要一路作用,引信就爆炸,从而提高作用可靠性。但是,若设计不当,其中一路失效,整个引信的安全就会失效。所以在设计并联储备电路时一定要兼顾两个方面,防止带来消极影响。

另外,采用并联储备时,要千方百计地消除相互干扰。如有一路触发开关意外闭合,要求电路不会引起膛炸或炮口炸,也不会影响其他触发电路的正常作用。

2.1 电触发引信原理框图

典型电触发引信的组成如图 2-1 所示,它包括下述几部分组成:

(1) 电源。它提供引信电路和雷管发火所需的能量。

(2) 发火电路。当收到触发、延期发火和自毁信号时,引爆电雷管,因此它必须储存雷管发火所需的能量。

(3) 触发开关。在引信碰到目标时闭合,引起发火电路动作。

(4) 延期发火电路。当引信对土木工事射击时,它使引信在触发开关闭合后某一时刻爆炸,以获得最佳的毁伤效果。

(5) 自毁电路。对某些引信,当炮弹未命中目标时,在适当时机(或位置)使引信炸毁,因此应设置自毁电路。

(6) 安全保护电路。安全保护电路的种类、用途较多,有防止电源激活后因短路而失效的电路;有防止雷管意外解除保险时发生膛炸的电路;有能消除触发开关意外闭合时对其他开关电路造成影响的电路以及防止触发引信在雨场中早炸的电路等等。

以上是组成触发电引信的基本部分,有时为了简化或功能上允许,常常省去某些部分。

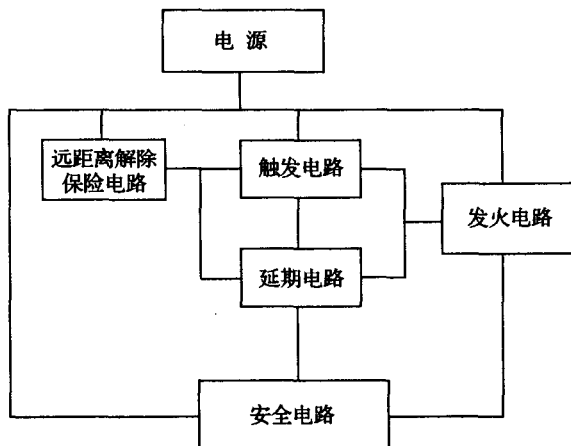


图 2-1 电触发引信原理框图

2.2 膛内储电电源

在触发引信中,除应用化学电源、永磁发电机外,还常用膛内储电的电源,如压电、爆电电源、后坐电机等。下面介绍储电原理。

2.2.1 压电法储电

利用压电晶体的压电效应可以实现膛内储电。压电法储电又分加载法与卸载法两类,其中以卸载法用得最多。

引信上常用的压电材料有钛酸钡和锆钛酸铅。其他材料如压电薄膜虽有报导,但未见使用。钛酸钡、锆钛酸铅都是一种多晶体,它们在一定温度和电场下经极化后才具备压电性能。晶体的压电效应表明,当晶体两极面受压时,极面上产生电荷,如果外力移去,产生的电荷消失。这是因受力时晶体内部产生电极化增量 ΔP , ΔP 又在晶体两极面感应出自由电荷。卸去外力 ΔP 消失,极面上电荷也消失。图 2-2 表示晶体储电的过程。

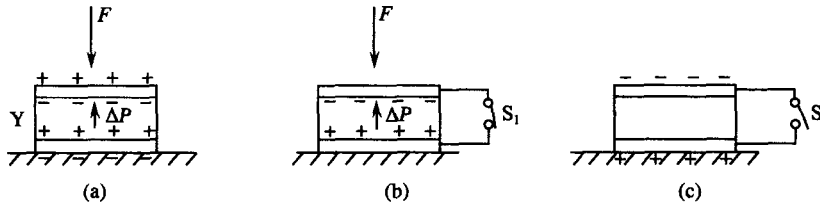


图 2-2 压电晶体加载时产生电荷的机理

图 2-2(a)是晶体开路受压时的情形。如果晶体两极面间接有开关时,情况就发生变化,如图 2-2(b)所示。加压时,晶体内部产生 ΔP ,银层表面仅有束缚电荷。如果让开关 S_1 断开后再卸载,力消失后 ΔP 消失,两极面间的束缚电荷被释放,成为自由电荷积累在两极面上,这样就实现了储电,如图 2-2(c)所示。

卸载时,储电电荷的极性与加载时产生电荷的极性相反。

膛内储电所用的力是利用发射时的后坐力。卸载时晶体电压可用下式计算

$$V = \frac{d_{33} K_1 m g}{C} = \frac{4 g_{33}}{\pi D^2} m h K_1 g \quad (2-1)$$

式中 m ——加在晶体上的惯性体的质量(kg);

d_{33} ——晶体的压电常数(C/N);

C ——晶体电容(F)或(C/V);

D ——晶体的直径(m);

h ——晶体的厚度(m);

g_{33} ——晶体的电压常数(V·m/N);

K_1 ——惯性加速度相对重力加速度的倍数。

膛内储电时所产生的电能是很小的,只有 $10^{-3} \text{J} \sim 10^{-4} \text{J}$,故只能起爆高灵敏度电雷管。另外,膛内储电法所储的能量为 $E = 1/2 CV^2$ 。晶体的电容 C 为定值。只有选取电压较高时,能量才较大。设计电路和选择电雷管时必须注意这个特点。

晶体的电容较小,虽然漏电阻在 $10^8 \Omega$ 以上,但是漏电时间常数还是较小的。膛内储电时所储存的电荷量也较少。因此,在设计储电电路时必须重视漏电问题。

2.2.2 爆电法储电

压电法储电是将机械能转换成电能储存起来,而爆电法储电是把爆炸元件爆轰时输出的机械能转换成电能储存起来。炸药爆炸时释放能量比发射时后坐力产生的能量大得多。爆电换能装置如图 2-3 所示。

爆电换能的原理是这样的,当爆炸元件爆轰时,爆轰波经衰减片后,以应力波形式传给压电晶体,晶体在应力波作用下,发生去极化现象。这样极化时的束缚电荷就全部释放出来,并向负载电阻 R_L 放电。应力波向前传播,去极现象继续扩大,直到整块晶体去极化为止。

爆电法释放出的电能约 10^{-2}J ,电流可高达数十乃至数百安培。爆电换能输出与负载电阻值有关。当负载电阻 R_L 愈小时,应力波掠过时去极化愈充分,输出电流也愈大。实验表明,当 $R_L = 10 \Omega$ 时较佳,当 $R_L > 50 \Omega$ 时输出就减少。

目前所见到的爆电换能器是用于直接起爆上,当然也可用于储电。其储电电路如图

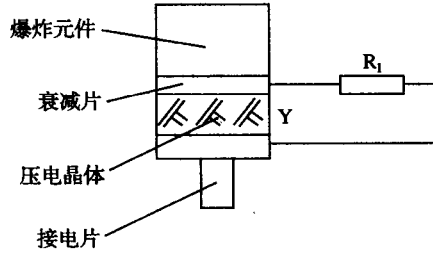


图 2-3 爆电换能装置

2-4 所示,等效电路如图 2-5。充电时间常数 $\tau = C_0 \cdot C \cdot R_D / (C_0 + C)$, 只要 τ 足够小, 应力波掠过晶体时所释放的电荷, 就来得及储存到电容器 C 上。减少 τ 的方法是增大晶体厚度来减少电容 C_0 和二极管的动态电阻。二极管导通电阻约为 $30\Omega \sim 40\Omega$ 。

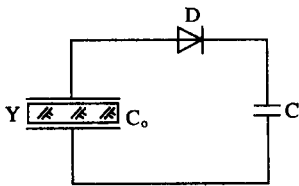


图 2-4 爆电法储电原理电路

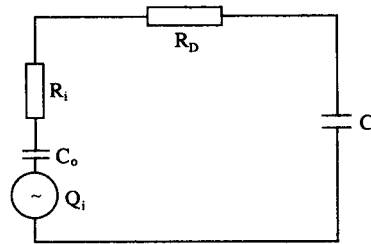


图 2-5 爆电法储电等效电路

2.2.3 磁电法储电

利用电磁感应原理发电是很成熟的技术,但在引信上的应用还是较新的。目前美国已经研究出多种利用后坐发电机储电的电引信。后坐发电机原理如图 2-6 所示。

炮弹发射时, M 发生后坐运动, 线圈 L 中产生感应电动势 E。

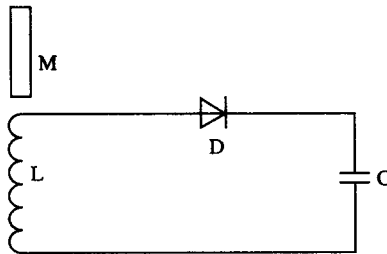


图 2-6 后坐发电机示意图

M—磁钢; L—线圈; D—二极管; C—储能电容。

2.3 膛内储电电路类型

2.3.1 储电开关与负载串联电路

串联开关储电电路如图 2-7(a) 所示。储电开关 S_2 与负载 ED 间是串联, ED 两端接有旁路电阻 R 和开关 S_1 , 平时 S_1 接通, 电雷管 ED 被开关 S_1 短路, 而压电晶体两极面间平

时由 S_1 、 S_2 构成短路。发射时,起初 S_2 未断开,晶体受压时产生的电荷被中和。后坐力达到某一额定值后,开关 S_2 断开。后坐力继续增大,晶体上出现正向电荷。当卸载时,晶体变形恢复,晶体上电荷消失。卸载到开关 S_1 断开的后坐加速度值后,晶体上开始出现反向电荷。后效期末,反向电压达最大值。加、卸载时,晶体上电压波形曲线如图 2-7(b) 所示。此储电电路已经过射击考验,储电时间达 3s 以上。

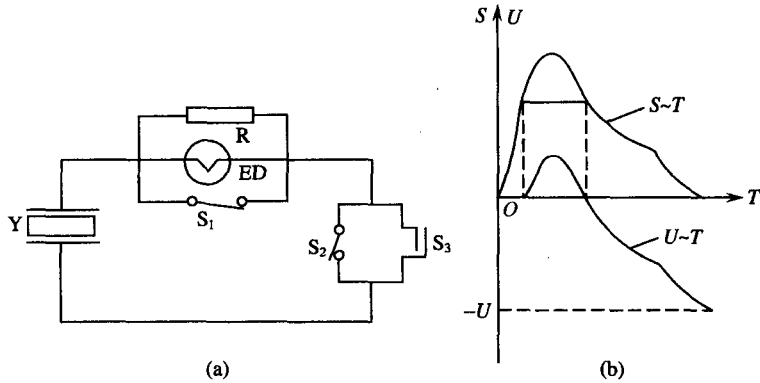


图 2-7 串联开关储电电路图

此储电电路的优点是,能提供比较稳定的电压输出。其电压峰值仅取决于 S_2 的抗力散布,而与火炮的膛压变化无关。电路的缺点是: S_1 由于振动等原因偶然接触不良,雷管又遇内部断桥时,会引起膛炸事故。旁路电阻 R 就是为消除此弊病而设置的。

2.3.2 储电开关与负载并联电路

利用并联的簧片开关 S_2 储电的方案如图 2-8(a) 所示。平时,储电开关 S_2 是开路的。发射时,当后坐加速度增大到一定值时, S_2 闭合,把晶体上受压产生的电荷中和。加速度继续增大时,晶体上电压为零,卸载时,起初晶体上电压也为零。待卸载至 S_2 断开后,晶体上出现反向电荷。后效期末,晶体上电压达最大值。电压波形如图 2-8(b) 所示。

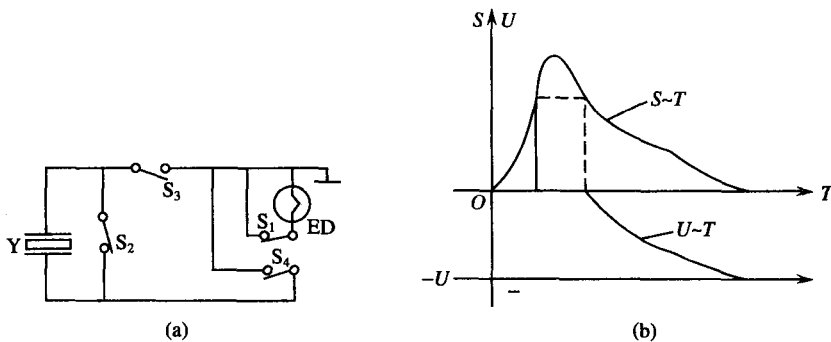


图 2-8 并联开关储电电路

此电路的优点是:储电时其他开关不参与工作,故它们不影响储电,也不会引起雷管的意外发火,比较安全。

2.3.3 并联二极管储电电路

二极管具有单向导通性能,故它也可用作储电开关。利用二极管作开关的储电电路如图 2-9(a)所示。二极管 D 的接法必须使加载时的电荷被中和。而卸载时,由于它的反向阻断,电荷就储存在晶体上,这样晶体受压时产生的电荷几乎全部被储存下来。其电压波形如图 2-9(b)所示。

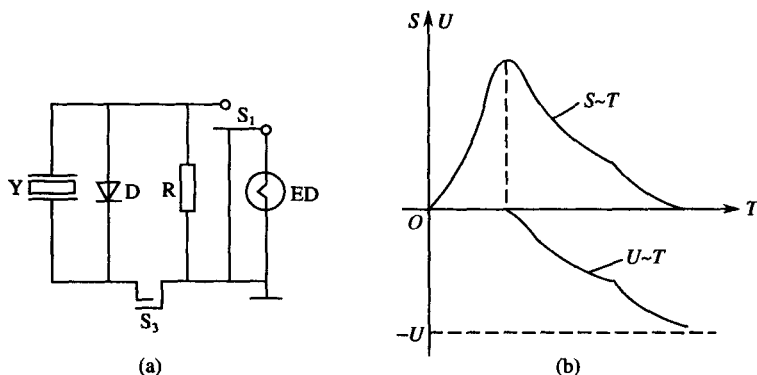


图 2-9 并联晶体二极管储电电路

此电路的优点是:后坐力利用得比较充分,适合于低加速度弹药的引信。缺点是:电压散布较大。要求二极管反向耐压较高,反向电阻在 $10^9\Omega$ 以上,耐冲击强度也要求高。

2.4 安全保护电路

引信电路虽然具有很高的可靠性,但还是不免存在失效的可能。当引信电路中的某部分失效时,要求其其余部分仍能正常工作,凡起此作用的电路统称为安全保护电路。

2.4.1 电源失效时保证引信可靠发火电路

引信电源激活之后,在弹道上意外短路失效的事故还是会遇到的,因此要求引信遇到此类事故时仍能正常发火。

解决此类问题最简单的办法是加储能电容和二极管开关,如图 2-10 所示。发射时,电源激活后经二极管 D_1 向电容 C_F 充电。由于二极管的正向电阻很小,电容 C_F 很快就充

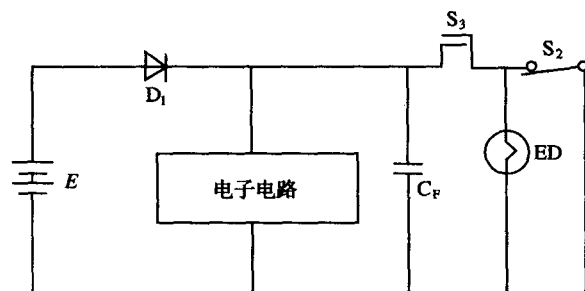


图 2-10 电源失效时发火保护电路