

# 电子雷管起爆技术相关研究阐述

赵杰 李双

天津宏泰华凯科技有限公司, 中国·天津 301900

**摘要:** 在爆破工程中, 电子雷管起爆技术的应用场景非常的广泛, 它在精确度、控制性和安全度上都有显著的优势。论文旨在深入地探讨关于电子雷管起爆技术的相关研究和最新科研进展。

**关键词:** 电子雷管; 起爆; 爆破

## Research and Explanation on Electronic Detonator Ignition Technology

Jie Zhao Shuang Li

Tianjin Hongtai Huakai Technology Co., Ltd., Tianjin, 301900, China

**Abstract:** In blasting engineering, the application scenario of electronic detonator initiation technology is very wide, and it has significant advantages in accuracy, control and safety. This paper aims to explore the relevant research and the latest research progress of electronic detonator initiation technology.

**Keywords:** electronic detonator; detonation; blast

### 1 引言

当前, 电子雷管技术已经在工程建设中被广泛的使用, 特别是在矿山采掘工作中, 电子雷管相比传统的雷管能够在毫秒内实现起爆的控制, 这样就显著的提高了爆破过程的同步性和稳定性。此外, 内置在电子雷管内部的电子芯片拥有处理和执行复杂起爆任务的功能, 这样可以使得电子雷管应用于更多的工程场景之中。所以, 探索电子雷管起爆的技术至关重要。

### 2 电子雷管的基本概念与原理

#### 2.1 电子雷管的定义

电子雷管, 有时又被称呼为电子起爆雷管 (Electronic Detonator, EED), 它是一个运用尖端电子控制系统来实现精准爆炸功能的先进工业雷管。它因其独有的优势而在多种工程爆破中得到广泛应用, 尤其在地下室的洞室挖掘、地下隧道建设和水下矿石采掘中展现极为关键的作用。电子雷管与传统的机械雷管或电雷管存在显著的区别, 其是由其内置的电子芯片来进行控制的, 它能预先预设精准的爆破时间和时间序列, 从而确保达到毫秒级的控制准确性。爆破过程中, 仅通过使用电子控制器, 便能对爆破相关参数进行有效调节, 这有助于确保爆破操作的安全性并降低生产成本。这项技术主要需要在需要极高的精准爆破效果的工程项目中应用, 如矿山勘探、建筑物拆卸和军事建设等领域。电子雷管因其在现代社会中对于安全生产的期望逐渐升高, 已经变成了一种在国内外都被广泛应用并被证实为高效能与可靠性的爆破器材。利用电子技术和电子雷管使爆破过程更为智慧化和自动操作, 这极大提高了爆破任务的安全性和成效。

#### 2.2 电子雷管的工作原理

电子雷管的运行原理是依据其内部的电子控制系统构建的, 电子雷管是由其发送和触发两个部分组合而成的 (见图 1)。首先, 电子雷管会接收到爆炸的威胁, 此时它的内部电子芯片将依据预设的程序启动计时过程。在这个过程的各个阶段, 当时间达到特定的时刻, 电子片体会将这些数据转交给单片机进行进一步的处理和分析, 以便计算出最佳的延期时间以及点火提前角的角度。当计时器完成, 通过雷管内部设定的延迟电路, 由芯片控制的电流会产生一个高能量的脉冲。在这个阶段里, 雷管内部将出现多轮性的放电行为。这次脉冲是通过桥丝点燃雷管中的起爆剂而产生的, 这直接触发了主要装药组的爆炸反应。因为在点火阶段无需添加新的引火头或其他额外设备, 所以电子雷管具备简洁的构造和较小的体积, 非常适合于小型制造和广泛应用。电子雷管与传统的雷管在起爆时间上的不同之处主要体现在其可以通过编程技术进行精确调控, 确保多个起爆点的同步进行和准确度的保证。

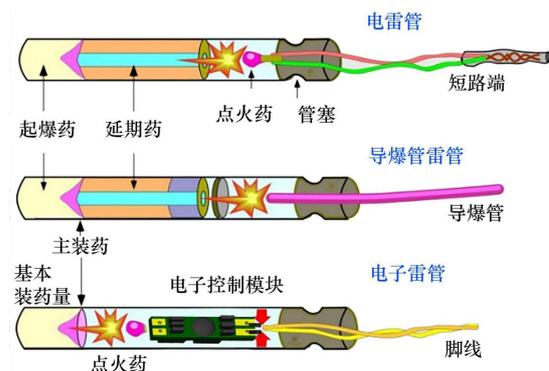


图 1 电子雷管示意图

### 3 电子雷管的主要优势

#### 3.1 高精度控制

当前,大多数中国制造的电子雷管使用机械或电子方式进行延迟,但这些延迟机制并不能提供理想的延迟效果,并且很容易引起安全相关的事故。电子雷管通过电子芯片与控制系统的协同工作,能够实现毫秒至微秒级别的延时管理,从而显著提升了爆炸过程中的精准度。当前,在中国制造的电子雷管大多采用机械构造,因此不能确保其有高精度的延迟性能。在电子雷管精控领域,延迟精度被认为是至关重要的因素。为了确保电子雷管能够准确地控制爆炸开始的时间,有必要确保其内部电路结构的逻辑性和合理性。电子雷管中搭载的电子芯片拥有按照预定标准进行准确时间测定的特性,以保障每一个雷管能够在限定的时间段内成功激活。电子雷管除了基本性能外,也显示出卓越的延时能力,其延期的精确度超过了万分之三。当面对像井下运输这样的特定情况时,实施高精度控制同样能达到优越的效果。爆炸发生的同步性是实现高精度调控的一个决定性因素。目前,广泛使用的机械式雷管仅能在同一地点起爆,但是电子雷管却可以同时为数个特定目标实施起爆操作。利用特定的编程方法,电子雷管可以实时定位多个起爆点,确保在同一时间范围内,所有雷管都能成功地起爆,从而达到期望的爆破成果。同时,当需要多个爆破目标同步起爆时,仍然可以确保每一个目标地点能够准确无误地起爆。对于那些工程项目,这些项目需求在多处进行联合破裂,这种同步爆破的功能显得尤为重要。

#### 3.2 安全性提升

电子雷管在提高安全性上的显著特性是其另一项明显的优势。当前,在中国市场上涌现出众多新型的电子雷管,而这些雷管通常都是采用电子控制方法来实施起爆操作的,这种情况无疑对电子雷管的安全性能提出了更为严格的要求和标准。电子雷管与传统的雷管在运送、储藏和使用的安全性上存在明显的差异,电子雷管使用了前沿的电子控制系统,成功地完成了爆炸过程的智能和自动化控制,从而大幅度降低了可能面临的各种安全威胁。防范电子雷管的误爆炸成为保障其安全的核心手段之一。雷管由于其内在的结构特性,在与其他雷管类型进行比较时显示出更加严重的风险性。在受到机械冲击、电磁干扰或者操作不当的各种场合下,传统雷管有潜在的爆发性风险,这样可能会引发严重的安全问题。因此,对电子雷管实施智慧性保护显得非常关键。这款电子雷管搭载了内置的电子板以及防爆技术,因此它可以有效地阻挡来自外部的各种干扰,进而减少由于操作失误导致的潜在爆炸风险。

#### 3.3 环保性

现代爆破工程把环境保护作为另一项至关重要的重点来对待。文章涵盖了在爆破工程场景中经常使用的几款环保型爆破设备,其中包括电子雷管、微差控制爆破方法以及无

电力延迟的雷管等。电子雷管具有在缓和环境不良干扰以及在减少噪声和降低振动方面明确的明显优势。随着电子雷管技术日益成熟和进步,该技术预计将更广泛地被应用在矿产资源的采掘工作中。降低电子雷管对环境造成的负面效果,构成了电子雷管环保功能的一个核心部分。当前,中国的众多矿场已经普遍使用电子雷管系统。常规的雷管爆破手段常常导致尘埃、废气和飞石的大量产生,这对附近的环境造成了巨大的伤害。电子雷管因其体积紧凑、重量轻盈以及高能量密度等优点,能够完全符合环境保护的需求,同时也能明显提升生产效能。利用电子雷管,可以精确地调节爆破的时间并确保起爆同步,这有助于在爆破过程中大大减少飞溅的石块和粉尘,进而降低它们对环境的潜在损伤。因此,各类工程爆破项目,包括建筑物倾倒地等施工爆破活动,已广泛采用电子雷管技术。

### 4 电子雷管的实际应用

#### 4.1 矿山开采

当前,在矿山开采中,人们通常通过人工手段进行岩爆作业,这些手段普遍存在如工作效率不高、安全性不佳等各种不足之处。传统上的雷管在爆破时的时间上有明显的误差,这经常会使矿石受到过度的破裂或不能完全排出。但是,得益于电子雷管的高度精准的延迟管理和同步起爆特性,它能够有力地克服此类难题。因此,把电子雷管和爆破技术结合在一起,已经成为矿山开采技术发展的必然方向。在矿产开采活动中,电子雷管的成功关键在于其精密的爆破技术手段。伴随着科技的日益前进,电子雷管的工艺和技巧也经历了快速的发展过程。由于电子雷管拥有卓越的操作精确性,这为爆破过程提供了按照既定时间和序列执行的能力,确保了爆破活动的最佳效果。电子雷管由于具有高精度和优良可靠性等多个优势,能有效地满足矿山采矿活动中对爆破质量的特定需求。

#### 4.2 建筑拆除

伴随城市化进程的快速演变,建筑拆迁需求持续增长,所以在保障建筑安全性的同时,如何高效地完成拆迁任务变得尤为重要。由于电子雷管拥有小型、轻便、高可靠性和优良安全性等多重优势,所以在城市建设领域得到了广泛的应用。在建筑拆除时,电子雷管的应用能够精确地指导解体过程,这有助于降低它对周边建筑物的影响。在拆除建筑的过程中,减缓对附近建筑物的干扰成为电子雷管主要优势之一。因电子雷管在起爆时会造成巨大的冲击波和震动,因此极有可能导致人员受伤或死亡。传统的爆破作业常常产生大量的飞石、粉尘及振动现象,这不仅影响了附近的环境,还对周边建筑设施造成了不良影响。

#### 4.3 军事工程

随着军事战争对爆破技艺的需求持续上升,在多变环境下有效且安全地进行爆破已显得尤其重要。传统上采用的

人工障碍清除手段表现出效率并不高,且其安全性也不理想。在军事技术领域中,电子雷管的高效战场清障技术显得至关重要。伴随科技进展,多种创新的探查技巧在电子雷管设计中得到广泛应用,以增强其对干扰的抵抗力。在战争场地,障碍物经常妨碍部队的高速行进和作战活动,但借助电子雷管系统,能够高效解决这些问题。正因为它所展示的特殊优势,它目前在各种军事和民用领域得到了广为推广和应用。鉴于电子雷管拥有极为精确的控制和同步的爆破功能,它确保爆破工作能在设定的时间内顺利地进行,进一步地,大幅提升了清除障碍的效果。举个例子,通过使用电子雷管来爆炸障碍物,在战场上能够迅速消除障碍物和地雷,从而让军队有更快的移动能力。另外,伴随着电子领域的不断进步,电子雷管已被广泛应用于评估非致命性武器的伤害,同时也能为远程制导武器的精准攻击提供依据。电子雷管在军事项目中的另一个显眼的 application 特点是确保人员的安全。所以,深入研究爆破作业流程的安全性是极为重要的。在变化多端和高度复杂的战场情况下,保证操作人员的安全已成为爆破作业中的主要任务。传统爆破方法要求操作员距离爆炸区有一定的距离以安全地进行爆破,而通过运用远程控制技术,这个问题得到了有效解决。电子雷管的远程控制功能使

操作者能够在不安全距离之外完成爆破任务,从而降低了与爆炸现场直接接触的可能性,进一步减少了在操作过程中潜在的风险。

## 5 结语

综上所述,对电子雷管起爆技术的深入研究和应用为当前的爆破工程带来了更为环保、高效及安全的方案。在未来电子雷管技术将在更多的领域发挥作用,从而在社会经济发展中作出更大的贡献。

### 参考文献:

- [1] 冷振东,范勇,涂书芳,等.电子雷管起爆技术研究进展与发展建议[J].中国工程科学,2023,25(1):13.
- [2] 刘东,李颖,张珑.工业电子雷管及其起爆系统的安全性能探讨[J].产品可靠性报告,2024(1):1.
- [3] 杨红旗.电子雷管应用中的安全技术分析[J].化工管理,2020(30):2.
- [4] 庞志锋,王晓静,王倩,等.一种电子雷管的应用研究[J].河北工业科技,2014,31(4):5.

作者简介:赵杰(1986-),男,中国天津人,本科,工程师,从事弹药工程与爆炸技术研究。