

强制性国家标准
《工业雷管延期时间测定方法》

编 制 说 明

（征求意见稿）

一、工作简况

1、任务来源

《国家标准委关于下达<工业导爆索试验方法>等 14 项强制性国家标准制修订计划的通知》（国标委发〔2025〕57 号）发布，《工业雷管延期时间测定方法》被列入修订计划，本标准任务编号为 20256229-Q-339，归口单位为工业和信息化部，委托技术委员会为全国民用爆炸物品标准化工作组，主管部门为国家标准委。起草单位为南京理工大学，联合国家民用爆破器材质量检验检测中心、南京理工科技化工有限责任公司、易普力股份有限公司、中国兵器工业标准化研究所、中国爆破器材行业协会、安徽理工大学、中煤科工集团淮北爆破技术研究院有限公司、抚顺中煤科工检测中心有限公司、江西新余国泰特种化工有限责任公司、广东宏大韶化民爆有限公司、浙江长鹏科技有限公司与北京安联国科科技咨询有限公司共同承担本次标准修订工作。

本标准修订工作自 2025 年计划正式下达后启动，全程严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的各项要求，有序推进调研、起草、研讨、验证、征求意见等各项工作，确保标准修订质量符合规范。

2、背景

GB/T 13225-1991《工业雷管延期时间测定方法》自 1991 年发布实施后未进行过修订，目前相关配套推荐性标准包括 GB 19417-2003《导爆管雷管》、GB 8031-2015《工业电雷管》及 WJ/T 9085-2024《工业电子雷管》等，共同构成国内工业雷管标准体系基础，为本次修订工作提供了配套参考依据。

伴随我国民爆行业技术水平的进步、产品结构的调整、测试技术的更新，现行标准的技术内容、检测方法已无法适配行业发展与检验检测的需求。逐渐暴露出诸多不适应行业发展的问題，具体如下：一、现行标准原适配对象为传统工业电雷管、导爆管雷管，目前国内工业电子雷管已全面代替传统电雷管，试验方法已不再适用；二、现行标准与行业相关标准脱节，无法形成协同规范体系，导致在检测和应用过程中出现标准冲突、判定规则不统一、检测结果无法互认等问题；三、现行标准的中使用压电传感器捕捉震动信号的试验方法响应速度慢、抗干扰

能力差、测试误差大，无法满足高精度、高可靠性的检测需求；四、现行标准未明确仲裁测试方法，无法解决行业内的检测争议问题；五、现行标准对雷管延期时间的定义不够准确，无法满足工程爆破领域中微差爆破对雷管之间爆炸间隔的要求。

工业雷管是《安全生产法》明确界定的危险物品，同时是被列入民用爆炸物品名录中的民用爆破器材，其在设计、生产、运输、储存及使用的过程中都应以安全作为第一要素，安全应是一道强制底线。GB/T 13225-1991 作为工业雷管质量检测的核心方法标准，明确了雷管延期时间的试验规范，是产品合格判定的核心技术标尺，其执行成效直接决定产品本质安全水平，对防范安全风险、规范生产经营行为具有不可替代的核心作用。依据《安全生产法》中生产经营单位必须执行保障安全生产的国家标准、《标准化法》中保障人身健康和生命财产安全的核心技术要求应当制定强制性国家标准的相关规定，工业雷管作为直接危及人身与财产安全的危险物品，其延期时间检测方法完全符合强制性国家标准的制定范畴，因此将 GB/T 13225-1991 由推荐性国家标准转为强制性国家标准，具备充分的法律依据、迫切的现实需求与明确的行业必要性，是筑牢民爆行业安全防线的关键举措，该标准的强制实施可全面规范雷管延期时间的检测，切实保障产品性能的一致性与可靠性，精准匹配民爆行业安全监管的刚性需求，助力行业实现安全、有序、高质量发展。

3、起草人员及其所在单位

3.1 主要起草单位

本标准修订项目由南京理工大学，联合国家民用爆破器材质量检验检测中心、南京理工科技化工有限责任公司、易普力股份有限公司、中国兵器工业标准化研究所、中国爆破器材行业协会、安徽理工大学、中煤科工集团淮北爆破技术研究院有限公司、抚顺中煤科工检测中心有限公司、江西新余国泰特种化工有限责任公司、广东宏大韶化民爆有限公司、浙江长鹏科技有限公司与北京安联国科科技咨询有限公司共同承担。各单位均在民爆领域深耕多年，技术实力雄厚、行业经验积淀深厚、行业影响力突出，能够全面保障本次标准修订兼具科学性、适用性与先进性，具体情况如下：

南京理工大学是本标准的第一承担单位，是隶属于工业和信息化部在全国重

点大学，成立于 1953 年，是长期从事含能材料设计研发的专业研究机构，有专业学科支撑及权威的实验平台及试验场地。学校依托兵器科学与技术、特种能源技术与工程、化学与化工等国家级重点学科在含能材料研究领域取得了丰硕成果。在火工品测试与爆炸力学领域拥有完备的理论研究体系和人才培养基础。学校科技优势突出，标志性成果不断涌现。标准主要起草人徐森，系国防科工局兵器行业标准化技术委员会委员，牵头完成了中国第一个被联合国正式采纳的爆炸品标准提案（ST/SG/AC.10/C.3/2021/19）；牵头/参与制订含能材料安全性相关的国家标准 6 项。

南京理工科技化工有限责任公司始建于 1986 年，2003 年正式注册，是兵器工业集团旗下、江南化工控股的国有高新技术企业，也是国家民爆器材定点生产企业。公司深耕工业电子雷管领域，产品覆盖国内十余个省区并远销中亚市场。公司源自南京理工大学科研团队，传承军工技术基因，拥有 64 项专利，主导多项行业先进技术研发，如硝酸胍镍起爆药、深海炸礁电子雷管等。通过 ISO9001/14001/45001 三体系认证，获评江苏省“专精特新中小企业”“民爆安全管理先进集体”，是民爆领域产学研融合与安全高效生产的标杆企业。

易普力股份有限公司（简称“易普力”）成立于 1993 年，隶属中国能源建设集团，是国务院国资委控股的民爆龙头上市公司，总部位于重庆。公司拥有民爆科研、生产、销售、爆破服务、矿山总承包一体化完整产业链，具备营业性爆破作业与矿山施工“双一级”资质，炸药产能规模位居国内前列。成立之初承担三峡工程 70% 爆破工程量，深耕大型矿山、水电、核电等领域，业务覆盖全国并拓展至非洲市场。作为“科改示范行动”试点企业，公司累计实施科技成果转化 15 项，拥有多项高新技术产品，主导行业现场混装炸药、移动式地面站等关键技术创新，综合实力稳居民爆行业第一梯队。

中国兵器工业标准化研究所成立于 1966 年，是中国兵器工业集团直属的全额拨款保军事业单位，也是兵器行业标准化技术归口单位。深耕标准化科研近 60 年，业务覆盖兵器装备、民爆器材、光学材料等领域，构建了完整的兵器行业标准体系，主导制修订国家军用标准、国家标准、行业标准数千项。作为全国民用爆炸物品标准化工作组秘书处承担单位，深度参与民爆领域国家标准制修订，支撑行业标准化管理与技术攻关。所内拥有百余人的高素质科研团队，其中高级

工程师占比超 40%，馆藏国内外标准文献数十万份，建成兵器标准化情报检索系统，同时承担国防科工委七个专业标委会秘书处工作，是军民融合标准化领域的核心技术支撑机构。

安徽理工大学是安徽省重点建设的特色高水平大学，其民爆与爆破学科始建于 1978 年，是全国最早开设煤矿火工品专业、培养民爆人才的高校之一，被誉为民爆行业“黄埔军校”。学校拥有“爆破理论与技术”二级学科博士点、“化学工程与技术”省级高峰学科，弹药工程与爆炸技术专业为国家级一流本科专业，全国 60% 以上爆破领域高级人才出自该校。建有特种聚合物安徽省重点实验室、非煤露天矿山安全智能开采国家矿山安全监察局重点实验室等高端平台，近五年获省部级科技奖近 20 项，授权发明专利 153 件。深耕民爆器材研发、工程爆破、爆炸安全等领域，产学研融合成效显著，是民爆领域人才培养、科技创新与标准研制的重要基地。

3.2 主要起草人员

2025 年计划下达后，成立了标准工作组，成员由南京理工大学、国家民用爆破器材质量检验检测中心、南京理工科技化工有限责任公司、易普力股份有限公司、中国兵器工业标准化研究所、中国爆破器材行业协会、安徽理工大学、中煤科工集团淮北爆破技术研究院有限公司、抚顺中煤科工检测中心有限公司等相关单位及骨干技术人员组成，确保标准修订工作有序推进。标准项目负责人全面统筹标准立项至落地实施全流程管理工作，牵头组织开展标准专项实地调研，统筹召开项目专题工作会议。主导标准征求意见稿、送审稿的编制起草，同步完成标准编制说明、调研报告及相关配套文件编制，全程把控编制质量与进度，确保标准编制工作按计划有序推进、高质量的按期完成。

主要起草人：徐森、吴星亮、张宇、吕梅芳、宋力骞、周晋锋、姜伟林、刘林、魏豪、吴金银、于苏敏、蔡超、任东梅、苗涛、陈珊珊、田野、刘鑫、汪泉、夏光、周晓红、张春雨、任泰昌、邹志兵、廖腊香、项加广、王永华。

为明确职责、高效推进工作，标准工作组各参编单位具体分工如表 1 所示：

表 1 单位分工

序号	单位	分工
1	主编单位：南京理工大学	负责标准修订全流程统筹协调，牵头开展标准文本编制、技

		术研讨及试验验证工作，把控项目整体进度与质量。
2	副主编单位：国家民用爆破器材质量检验检测中心	参与标准技术内容研讨，验证条款技术可行性，负责标准技术条款的校对与审核，参与完成标准技术内容验证与审核。
3	副主编单位：南京理工科技化工有限责任公司	协助完成标准征求意见稿文本及调研报告等的审阅和修订。
4	易普力股份有限公司	负责标准修订相关数据分析、整理工作，参与标准文本修订完善。
5	中国兵器工业标准化研究所	开展行业意见征集与调研，汇总行业各领域诉求，保障标准的行业适用性与推广性。
6	中国爆破器材行业协会	开展行业意见征集与调研，汇总行业各领域诉求，保障标准的行业适用性与推广性。
7	安徽理工大学	参与标准技术内容研讨，负责标准技术条款的校对与审核，结合行业实践提出完善建议。
8	中煤科工集团淮北爆破技术研究院有限公司	负责标准修订相关数据分析、整理工作，参与标准文本修订完善，提供数据支撑与文本优化建议。
9	抚顺中煤科工检测中心有限公司	负责标准修订相关数据分析、整理工作，参与标准文本修订完善，提供数据支撑与文本优化建议。
10	江西新余国泰特种化工有限责任公司	参与标准技术内容研讨，负责标准技术条款的校对与审核，结合企业生产实践提出优化建议。
11	广大宏大韶化民爆有限公司	参与标准技术内容研讨，负责标准技术条款的校对与审核，结合区域行业实践提出完善建议。
12	浙江长鹏科技有限公司	负责标准修订相关数据分析、整理工作，参与标准文本修订完善，提供数据支撑与文本优化建议。
13	北京安联国科科技咨询有限公司	参与标准技术内容研讨，参与标准文本修订完善，提供数据支撑与文本优化建议。

4、起草过程

具体起草过程如下：

1、2025年6月，工业和信息化部确定了标准制定任务（2025年第六批强制性国家标准修订计划），本标准任务编号为20256229-Q-339。

2、2025年7月，南京理工大学在接到标准制定计划任务后，成立了标准修订工作组，同步召开GB/T 13225-1991《工业雷管延期时间测定方法》编制修订工作会议，研究讨论了标准的适用范围、编制原则、主要内容，并初步确定了编写修订任务分工和完成时限，并明确了各参加单位的分工。

3、2025年8月-2026年3月，标准修订工作组通过查阅大量资料，参考最新发布的WJ/T 9085-2024《工业电子雷管》以及试验相关标准，开展试验验证，并起草了标准修订草案。

4、2026年3月下旬召开编写启动与初稿研讨会。

- 5、2026年4月对初稿在编写组内部进行研讨，修改后形成征求意见稿。
- 6、2026年5月召开征求意见稿研讨会。
- 7、2026年6月在网上向行业及全国公开征求意见，相关单位参与验证标准，90天（3个月）时间。
- 8、2026年9月，截止征求意见，汇总和整理意见及答复，修改形成送审稿。
- 9、2026年10月，对送审稿及意见汇总处理表进行研讨。
- 10、2026年11月，提交标技委进行送审稿评审，修改形成报批稿。
- 11、2026年12月，将报批稿上报安全生产司和国标委。

二、编制原则、强制性国家标准主要技术要求的依据（包括验证报告、统计数据等）及理由

1、编制原则

本标准修订严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》、GB/T 20000《标准化工作指南》、GB/T 20001《标准编写规则》等系列国家标准要求，确保标准结构规范、逻辑清晰、表述准确。

在编制过程中，工作组充分收集整理国内外相关技术资料，参照 GB 8031-2015《工业电雷管》、GB 19417《工业雷管通用安全技术要求》、WJT 9085-2024《工业电子雷管》等现行有效标准，立足民爆行业生产实际与科研成果，兼顾技术内容的严谨性与可靠性，适配工程爆破领域及民爆器材产业发展需求，注重与现行相关标准的有效衔接和技术协调。同时依托大量试验验证数据，确保试验方法具备良好的准确性、重复性与可比性，在此基础上完成本标准制定工作。

2、强制性国家标准主要技术要求的依据及理由

2.1 主要技术内容概述

本标准以 GB/T 13225-1991《工业雷管延期时间测定方法》为基础，参考 GB/T 2828.1《计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划》、GB/T 4883《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》、GB/T 6109.1《漆包圆绕组线 第1部分：一般规定》、GB 8031《工业电雷管》、GB/T 14659《民用爆破器材术语》、GB 19417《工业雷管通用安全技术要求》、

WJ/T 9085《工业电子雷管》，结合前期工作组的工作经验，编制修订了本标准，实现与现行标准接轨。

2.2 本标准的框架

本标准共 8 个框架，包括范围、规范性引用文件、术语和定义、试验原理、延期时间测定-电离探针测时法、延期时间测定-光电传感器法、延期时间测定-高速摄影法（仲裁法）、试验结果与表述。

（1）范围

本文件规定了工业雷管延期时间测定方法的术语和定义、试验原理、延期时间测定的方法、试验结果与表述等内容。本文件适用于工业雷管延期时间的测定。

（2）规范性引用文件

修改了 1 条引用文件：

a) “ZB 89002 导爆管雷管”修改为“GB 19417 工业雷管通用安全技术要求”；

增加了 3 条引用文件：

- a) GB/T 6109.1 漆包圆绕组线；
- b) GB/T 14659 民用爆破器材术语；
- c) WJ/T 9085 工业电子雷管。

（3）术语和定义

GB/T 14659、GB 8031 界定的以及下列术语和定义适用于本文件；

修改了 1 条核心术语：延期时间 delay time；

新增 2 条核心术语，明确延期范围 scope of extension、工业电子雷管 industrial electronic detonator 的定义。

（4）试验原理

依据时间间隔测量原理，利用测时装置，同时记录多发工业雷管发生爆炸的时间，根据不同工业雷管发生爆炸的时间差，计算得到雷管的延期时间。

a) 电雷管及导爆管雷管延期时间的试验原理

试样的实际延期时间通过测定第一发试样发生爆炸时刻（I 靶信号）与选择对应延时段别的第二发试样发生爆炸时刻（II 靶信号）之间的时间间隔得到。

b) 工业电子雷管延期时间的试验原理

试样的实际延期时间通过测定第一发试样发生爆炸时刻（I 靶信号）与设置

延期的试样发生爆炸时刻（Ⅱ靶信号）之间的时间间隔得到。

（5）仪器、设备和试验装置

a) 部分原有的试验设备不再使用与现行雷管延期时间测试，删除“输出电源”、“电流表”、“压电传感器”。

b) 为细化设备用途及技术要求，修改了4个仪器、设备和试验装置，具体如下：

●原“计时器”修改为“测时仪”，原“应能满足产品测时精度要求”修改为“具备分别检测和记录每一发试样发生爆炸时刻的功能，测时仪器的测时精度应高于0.05ms”。

●原“爆炸装置”修改为“爆炸防护装置”，原“压电传感器安装在爆炸箱外侧，试验雷管到传感器的距离不大于0.5 m”修改为“爆炸防护装置，装置间距不小于20 cm，保证试样间不产生相互影响，且不影响试验的实施”。

c) 为优化试验方法，对仪器、设备和试验装置进行了完善，增加了7个仪器、设备和试验装置：

●起爆器，输出能量应满足能安全可靠起爆工业雷管的要求。

●高速相机，采样频率相较于待测试样技术参数高出一个数量级。

●电离探针，聚酯漆包圆铜线（简称漆包线），应符合GB/T 6109.1的规定。

●信号传输电缆：所有电缆线出厂型号一致、长度相等、波阻抗与测时仪器相匹配。

●胶带，用于固定漆包圆铜线和雷管。

（6）延期时间测定-电离探针测时法

增加了电离探针测时法的全部技术要求，包括试样准备、电离探针的制备、调试仪器、试验程序。

（7）延期时间测定-光电传感器法

增加了光电传感器法的全部技术要求，包括试样准备、检查光电传感器及调试仪器、试验程序。

（8）延期时间测定-高速摄影法（仲裁法）

增加了高速摄影法（仲裁法）的全部技术要求，包括试样准备、调试高速照相机、试验程序。

(9) 试验结果与表述

确定仲裁方法：试验以高速摄影法的结果作为仲裁结果。

2.3 修订前后技术内容的对比

主要修订内容如下：

(1) 将延期时间的定义修改为“雷管接收到起爆指令到雷管爆炸之间的时间间隔。”

(2) 电雷管及导爆管雷管延期时间的试验原理修改为“试样的实际延期时间通过测定第一发试样发生爆炸时刻（I 靶信号）与选择对应延时段别的第二发试样发生爆炸时刻（II 靶信号）之间的时间间隔得到。”

(3) 工业电子雷管延期时间的试验原理修改为：“试样的实际延期时间通过测定第一发试样发生爆炸时刻（I 靶信号）与设置延期的试样发生爆炸时刻（II 靶信号）之间的时间间隔得到。”

(4) 增加了电离探针测时法作为测试方法之一；

(5) 增加了高速摄影法并将其作为仲裁法；

(6) 明确了光电法的测试流程和步骤。

2.4 验证报告

标准编制过程中，为确保新增及修订试验方法的科学性、可行性和可操作性，牵头单位联合国家民用爆破器材质量检验检测中心等单位及各起草单位，系统开展了试验验证研究工作，形成完整的试验验证分析及综述报告，具体内容如下：

2.4.1 不同方法测定雷管延期时间

选用电离探针测时法（简称“探针法”）、光电传感器法（简称“光电法”）和高速摄影法（简称“高速法”）对工业电子雷管延期时间进行对比测试。高速摄像机，设备如图 1-2 所示。



图 1 高速摄像机（正面）



图 2 高速摄像机（背面）

试验现场如图 3 所示，通过调整高速相机的分辨率和焦距，使三座爆炸防护装置处于高速相机的同一画幅内。光电传感器安装在光路开孔后的防护装置内，如图 4-6 所示。



图 3 试验现场



图 4 光路开孔与高速照相机位置



图 5 光电传感器安装位置



图 6 光电传感器

使用二十通道雷管延期时间测量仪（精度为 0.001 ms）对探针法和光电法的触发信号及延期时间进行记录，设备如图 7 所示。



图 7 二十通道雷管延期时间测量仪

试验用到的工业电子雷管来自南京理工科技化工有限责任公司。截取一根直径为 0.1 mm~0.3 mm 的漆包线，长度不小于 1000 mm，在漆包线中间位置将漆包线并行缠绕并剪断顶部，缠绕部分长度不小于 50 mm，每组电离探针的两根引出线应保持断路状态，用砂纸磨掉漆包线接线端的绝缘漆后待用。将制备好的电离探针分别Ⅰ靶工业雷管与Ⅱ靶工业雷管的猛炸药位置处螺旋缠绕，并用胶带进行固定，试验前雷管照片如图 8 所示。将第 1 发设置延期时间为 0 ms 的雷管作触发信号，同时记录第 2 和第 3 发雷管的爆炸时刻及延期时间。

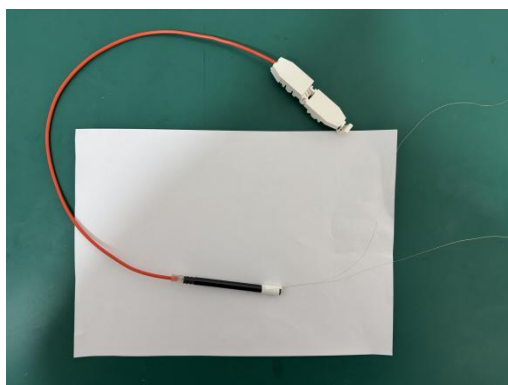


图 8 在猛炸药位置固定电离探针

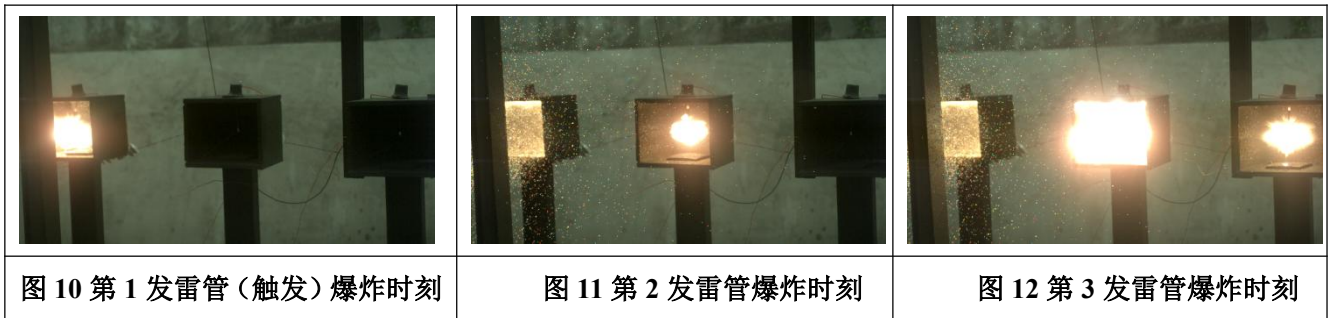


图 9 试验前

2.4.1.1 不同方法测定电子雷管预设不同延期时间的结果对比

选择 10 ms、50 ms、100 ms、200 ms、1000 ms、2000 ms、12000 ms、16000 ms 作为预设延期时间。通过二十通道雷管延期时间测量仪记录探针法及光电法测得的延期时间。高速照相机的帧率设置为 1 万 帧/s，以第一次出现爆炸火光的照片作为该雷管的爆炸时刻，通过高速照相机的底片张数及帧率来计算相应的

延期时间，高速相机记录到的爆炸时刻示意图如图 10-12 所示。



依据试验程序进行试验，三种方法测得的延期时间如表 2-9 所示，其中高速法完整记录了雷管起爆的全流程且避免了线路损耗和触发阈值对试验结果的影响，其测试结果具有直观性、唯一性。以高速法为参考量值，光电法的误差和相对误差都远大于探针法，延期时间数据方法间误差值见表 2-9。

表 2 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（10 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
				误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
延期时间设置值/ms	0	10	10		
光电法/ms	/	9.620	9.839	0.130	1.348
高速法/ms	/	9.5	9.7	/	/
探针法/ms	/	9.540	9.717	0.028	0.298

表 3 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（50 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
				误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
延期时间设置值/ms	0	50	50		
光电法/ms	/	49.481	49.646	0.064	0.128
高速法/ms	/	49.4	49.6	/	/
探针法/ms	/	49.404	49.537	-0.030	-0.059

表 4 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（100 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
				误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
延期时间设置值/ms	0	100	100		
光电法/ms	/	99.387	99.732	0.010	0.010
高速法/ms	/	99.4	99.7	/	/

探针法/ms	/	99.404	99.686	-0.005	-0.005
--------	---	--------	--------	--------	--------

表 5 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（200 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
延期时间设置值/ms	0	200	200	误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
光电法/ms	/	197.603	198.502	0.102	0.052
高速法/ms	/	197.5	198.4	/	/
探针法/ms	/	197.522	198.421	0.022	0.011

表 6 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（1000 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
延期时间设置值/ms	0	1000	1000	误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
光电法/ms	/	990.810	992.752	0.131	0.013
高速法/ms	/	990.7	992.6	/	/
探针法/ms	/	990.732	992.632	0.032	0.003

表 7 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（2000 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
延期时间设置值/ms	0	2000	2000	误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
光电法/ms	/	1985.114	1986.596	0.105	0.005
高速法/ms	/	1985.0	1986.5	/	/
探针法/ms	/	1985.036	1986.529	0.032	0.002

表 8 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（12000 ms）

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
延期时间设置值/ms	0	12000	12000	误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
光电法/ms	/	11912.364	11920.106	0.235	0.002
高速法/ms	/	11912.1	11919.9	/	/
探针法/ms	/	11912.274	11919.978	0.126	0.001

表 9 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（16000 ms）

延期时间设置值/ms	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
				误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
光电法/ms	/	15893.220	15891.966	0.243	0.002
高速法/ms	/	15893.0	15891.7	/	/
探针法/ms	/	15893.123	15891.825	0.124	0.001

试验结果表明，探针法在各测试延期时间节点的误差均小于光电法，且光电法普遍比探针法的延时误差高出 0.1 ms 左右，靶线法与高速相机成像法的测试结果一致性最优，两种方法在多数测试点的误差小于 0.1ms，试验结果汇总见图 13。

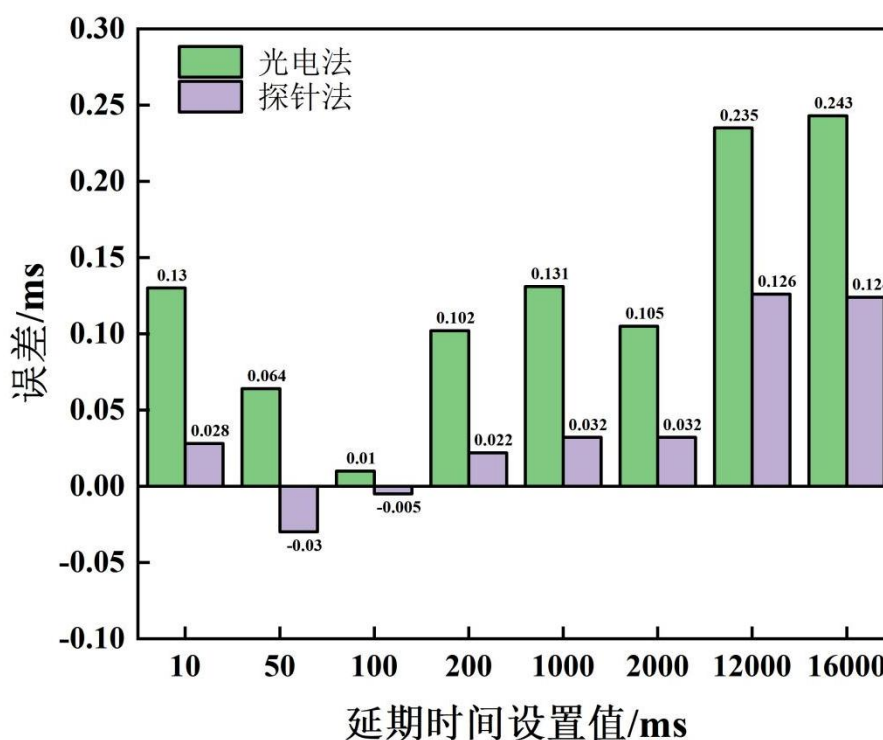


图 13 试验结果汇总

2.4.1.2 使用更高拍摄帧率进行对比验证

将高速照相机的帧率设置为 2 万 帧/s，选择 10 ms 和 200 ms 作为预设延期时间，受到拍摄时间的限制，为保证同时观测到三发雷管的爆炸时刻，此时高速照相机的画幅会被压缩。高速相机记录到的爆炸时刻示意图如图 14-16 所示。

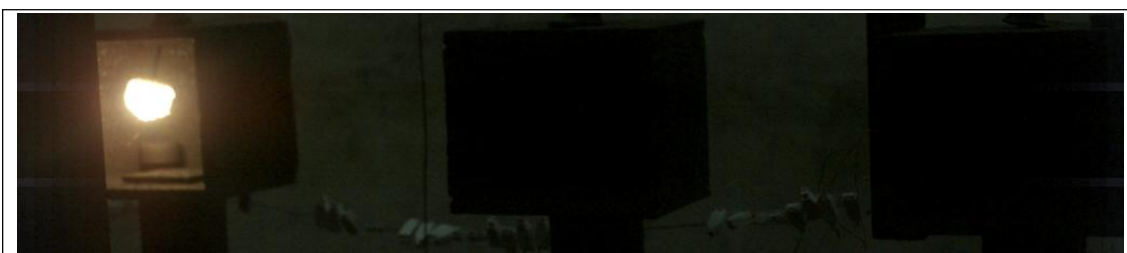


图 14 第 1 发雷管（触发信号）爆炸时刻

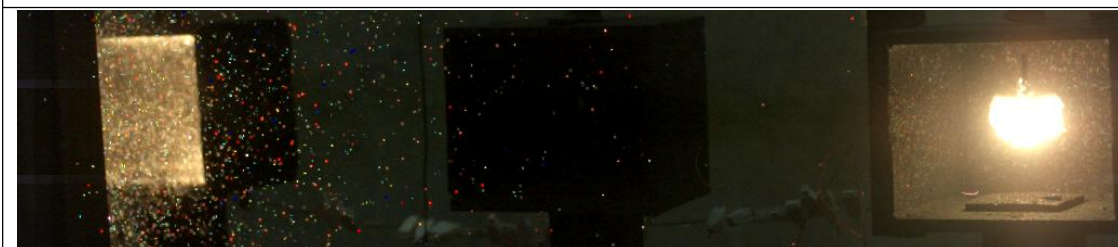


图 15 第 2 发雷管爆炸时刻



图 16 第 3 发雷管爆炸时刻

试验结果显示，当高速照相机的帧率提高至 2 万 帧/s，探针法在的误差仍小于光电法，不同方法测试雷管延期时间的试验数据的数据如表 10-11 所示。此时光电法相较于高速法的误差为 0.102 ms，与 2.4.1.1 的试验结果互相印证。提高高速照相机的帧率虽可以提高测试的精度，但受限于测试技术，当设置较大的延期时间（例如 1000 ms）及以上时，高速照相机的存储数据会非常庞大，不利于测试更高的帧率及更高的延期时间。

表 10 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（10 ms）

延期时间设置值/ms	第 1 发雷管（触发）	第 2 发雷管延期时间/ms	第 3 发雷管延期时间/ms	方法间误差（以高速法为参考量值）	
				误差平均值/ms	相对误差平均值/%
光电法/ms	/	10.351	9.981	0.116	1.17
高速法/ms	/	10.30	9.80	/	/
探针法/ms	/	10.276	9.791	-0.016	-0.162

表 11 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（200 ms）

	第 1 发雷管	第 2 发雷管	第 3 发雷管	方法间误差

	(触发)	延期时间/ms	延期时间/ms	(以高速法为参考量值)	
延期时间设置/ms	0	200	200	误差 平均值/ms	相对误差 平均值/%
光电法/ms	/	198.543	198.733	0.088	0.044
高速法/ms	/	198.50	198.60	/	/
探针法/ms	/	198.465	198.607	-0.014	-0.007

2.4.1.3 光电法误差原因分析

将高速照相机的帧率设置为 10 万 帧/s，选择 10 ms 作为预设延期时间，受到拍摄时间、清晰度、存储容量的限制，此时仅能将两座爆炸防护装置拍入画幅内。利用高速照相机记录雷管爆炸的全过程，如图 17-19 所示。高速照相机记录的爆炸火球由初始形态膨胀至最大尺度的时长约 0.11 ms。结合光电法存在触发阈值这一特性，可推断光电法与高速照相机法之间普遍存在的 0.1 ms 左右的时序误差，主要由光信号触发阈值效应导致。



图 17 雷管爆炸初始



图 18 经过 0.05ms 后的雷管爆炸时刻



图 19 经过 0.11 ms 后的雷管爆炸时刻

结合表 12 的试验数据，探针法与高速法的测试结果一致性最高，误差和相对误差最小，且经过了反复验证，操作便捷、结果计算简单。

其中高速法能完整记录雷管起爆的全流程且避免了人员对测试的影响、线路损耗和触发阈值对试验结果的影响，其测试结果具有直观性、唯一性，故选择高速摄影法作为仲裁法。

表 12 不同方法测试雷管延期时间的试验数据（10 ms）

延期时间设置值/ms	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	方法间误差 (以高速法为参考量值)	
			误差/ms	相对误差/%
光电法/ms	/	9.911	0.081	0.824
高速法/ms	/	9.83	/	/
探针法/ms	/	9.827	-0.003	-0.030

2.4.2 测定地震勘探电子雷管延期时间

地震勘探电子雷管的延期时间和误差要求较高，试验用到的地震勘探电子雷管由辽宁华丰民用化工发展有限公司生产，试验前的照片如图 20-21 所示。



图 20 在猛炸药位置固定电离探针	图 21 试验前
-------------------	----------

按照试验程序进行试验，探针法和光电法的测试结果如表 13 所示。

表 13 不同方法测试地震勘探电子雷管延期时间的试验数据

	第 1 发雷管 (触发)	第 2 发雷管 延期时间/ms	第 3 发雷管 延期时间/ms	误差平均值/ms (以探针法为参考量值)	
延期时间设置值/ms	0	0	0	/	
光电法/ms	0.175	0.206	0.201	0.111	
探针法/ms	0.071	0.093	0.084	/	/

根据试验结果可知，光电法与探针法之间的误差平均值为 0.111 ms，WJ/T 9085-2024 对地震勘探电子雷管的延期要求为 ≤ 0.25 ms，在地震勘探电子雷管的延期时间测试过程中，会由于光电法的系统误差导致检测结果不合格，由此印证了高速摄影法作为延期时间仲裁方法的必要性。

普通工业级高速相机精度偏低，性能指标达不到检验检测的使用要求。当前所使用的 Phantom 系列高速摄像机虽然具有测试结果直观可追溯的特点，但其购置与使用成本偏高，对操作人员的专业能力要求高，同时存在数据处理工作量大等问题，不适合大批量快速检验检测，整体应用存在一定的局限性。

电离探针法作为的可靠性高、适用性强，能够满足地震勘探电子雷管对测试精度的需求。而光电传感器法具有操作便捷、无接触和检测效率高的优点其可作为常规通用检验检测方法。

2.5 技术经济论证

GB/T 13225-1991《工业雷管延期时间测定方法》，主要适用于导爆管雷管、工业电雷管、工业电子雷管等工业雷管的延期时间测试。当前工业电子雷管已基本取代传统电雷管，行业产值从 2017 年 17.75 亿元增长至 2023 年 96.55 亿元，增幅达 5.44 倍。工业电子雷管凭借延时精度高、安全性能优的突出优势，可减少 5%~15% 炸药消耗量，经济效益显著，已成为民爆行业增长的核心支撑。

工业雷管延期时间检测，不仅是雷管出厂检验与产品鉴定的必检项目，更是工程爆破领域中微差爆破技术得以实现的核心关键，微差爆破依靠毫秒级精准延时、分段起爆，其核心技术取决于雷管延期精度及标准化检测能力，现有试验方法已滞后于行业技术发展，亟待修订升级、更新检测标准。

2.6 预期的经济效益、社会效益和生态效益

随着社会经济持续发展，西部矿产及各类资源开发步伐加快，带动民爆行业雷管市场需求持续增长。工业电子雷管凭借高精度、高安全性优势，已成为市场主流产品。雷管延期时间的指标，以及工程爆破中的微差爆破技术应用，愈发受到行业高度关注。

修订本标准，有助于提升民爆行业生产、管理人员对雷管延期时间特性的专业认知与把控能力，进一步规范生产作业与安全管理，全面提升行业安全生产及管控水平。有助于降低安全事故发生率、减少事故损失与生态环境影响，持续提升社会公共安全保障能力。

三、与有关法律、行政法规和其他强制性标准的关系，配套推荐性标准的制定情况

（1）与法律、行政法规的关系

本标准严格遵从《民用爆炸物品安全管理条例》《民用爆炸物品品名表》等法律、行政法规要求，明确工业雷管延期时间测定方法与技术要求，为民用爆炸物品的生产、销售、检验检测等环节提供技术依据，违反本标准的行为将依据相关法律法规进行处理，确保标准与法律、行政法规的一致性。

（2）与相关标准的关系

本标准与 WJ/T 9085-2024《工业电子雷管》配套衔接，WJ/T 9085-2024《工业电子雷管》中关于雷管延期时间测定的要求需通过本标准规定的试验方法进行验证。同时，本标准引用 GB/T 6109.1 等标准，形成完整的技术支撑体系，确保标准间的协调性与兼容性。

四、与国际标准化组织、其他国家或者地区有关法律法规和标准的比对分析

无。

五、重大分歧意见的处理过程、处理意见及其依据

本标准修订过程中，广泛征求了民爆行业内生产企业、检测机构、科研单位、监管部门等相关方意见，未收到重大分歧意见，相关建议已全部采纳并融入标准

文本。

六、对强制性国家标准自发布日期至实施日期之间的过渡期的建议及理由

建议设置 6 个月的过渡期，过渡期内允许企业采用原标准或本标准进行检测；过渡期结束后，强制要求全部采用本标准开展试验检测工作，确保标准平稳过渡。

七、与实施强制性国家标准有关的政策措施

依据《国务院办公厅关于印发工业和信息化部主要职责内设机构和人员编制规定的通知》国办发[2008]72 号中第三章，工业和信息化部安全生产司职责为“指导工业、通信业加强安全生产管理，指导重点行业排查治理隐患，参与重特大安全生产事故的调查、处理；负责民爆器材的行业及生产、流通安全的监督管理。

因此实施监督管理部门为工业和信息化部。

依据有“民用爆炸物品生产许可证”、《民用爆炸物品管理条例》、GA441、GA921 等。

八、是否需要对外通报的建议及理由

建议对外通报。本标准为强制性国家标准，涉及民爆物品安全检测方法、质量要求等，属于 WTO 通报范围，需按规定履行通报程序，保证标准制定透明度。

九、废止现行关标准的建议

本标准实施之日起，废止 GB/T 13225-1991《工业雷管延期时间测定方法》。

十、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

十一、强制性国家标准所涉及的产品、过程或者服务目录

本标准涉及的产品：工业电雷管、导爆管雷管、工业电子雷管等。

过程：工业雷管延期时间测定方法。

服务：民爆产品质量检验、检测、认证、监督抽查等。

十二、其他应予以说明的事项

无