

T/GXAS

团 体 标 准

T/GXAS 491—2023

水运工程爆破有害效应监测技术规范

Code of practice for monitoring harmful effects of blasting in
water transport engineering

2023 – 05 – 18 发布

2023 – 05 – 24 实施

广西标准化协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 爆破有害效应监测设计 2

6 宏观调查 3

7 爆破振动监测 4

8 爆破噪声监测 6

9 爆破空气冲击波监测 7

10 爆破水中冲击波监测 8

11 爆破涌浪监测 9

12 爆破个别飞散物监测 9

13 监测报告编写 10

附录 A（资料性） 水运工程爆破有害效应宏观调查记录表 11

附录 B（规范性） 水运工程爆破有害效应安全允许标准 12

附录 C（资料性） 水运工程爆破有害效应监测记录表 15

附录 D（资料性） 水运工程爆破有害效应监测报告式样 23

附录 E（资料性） 水运工程爆破有害效应监测简报格式 25

参考文献 27

前 言

本文件参照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由广西交科集团有限公司、广西爆破行业协会共同提出、归口并宣贯。

本文件起草单位：广西交科集团有限公司、广西新港湾工程有限公司、广西爆破行业协会、广西大学、广西交通建设工程试验检测行业协会、广西交通设计集团有限公司、广西八桂工程监理咨询有限公司。

本文件主要起草人：张建球、廖德华、扈世龙、姚方明、赵明特、胡运金、李国鑫、覃昌佩、吴飏、李祖照、谭力、李金、潘新恩、李燕兵、梁进、农志祥、金建华、黄伟军、梁韶光、黄志、陈昌、唐梦君、梁光先、梁家华、黄湘、蒋乙平、马伦兵

水运工程爆破有害效应监测技术规范

1 范围

本文件规定了水运工程爆破有害效应监测的总则、监测设计、宏观调查、仪器设备要求、测点布置、现场监测、数据处理与分析、控制标准和报告编制等内容。

本文件适用于水运工程相关的爆破有害效应监测工作。其他工程的爆破有害效应监测工作可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 6722 爆破安全规程

3 术语和定义

GB 6722界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

监测点 monitoring point

布置监测仪器及宏观调查的位置。

3.2

质点振动加速度 particle acceleration of blasting vibration

在地震波作用下，引发介质质点往复运动速度随时间的变化率。

3.3

爆破噪声 noise caused by explosion

爆破产生的对人体精神、生活和工作等有妨碍的声音污染。

3.4

爆破空气冲击波 air shock wave caused by explosion

爆破作用下，在空气中产生陡峭波头的压缩波。

3.5

爆破水中冲击波 water shock wave caused by explosion

爆破作用下，在水中产生陡峭波头的压缩波。

3.6

爆破涌浪 wave caused by explosion

爆破产生的水面波浪效应。

3.7

爆破个别飞散物 flying objects by explosion

爆破产生的个别或少量抛离爆破抛掷主体的石块或碎块。

3.8

单段爆破药量 charge amount per delay interval

采用延时爆破技术，每段爆破的炸药总重量。

4 总则

4.1 D 级以上爆破工程以及可能引起纠纷的爆破工程，均应进行爆破有害效应监测。爆破工程分级见表 1。

表1 爆破工程分级

作业范围	分级计量标准	级别			
		A	B	C	D
岩土爆破	一次爆破药量 Q/t	$100 \leq Q$	$10 \leq Q < 100$	$0.5 \leq Q < 10$	$Q < 0.5$
拆除爆破	高度 $H^{1/2}/m$	$50 \leq H$	$30 \leq H < 50$	$20 \leq H < 30$	$H < 20$
	一次爆破药量 $Q^{1/3}/t$	$0.5 \leq Q$	$0.2 \leq Q < 0.5$	$0.05 \leq Q < 0.2$	$Q < 0.05$
注1：岩土爆破表中药量对应的级别指露天深孔爆破。其他岩土爆破相应级别对应的药量系数：地下爆破0.5；复杂环境深孔爆破0.25；水下钻孔爆破0.1，水下炸礁及清淤、挤淤爆破0.2。					
注2：表中高度对应的级别指楼房、厂房及水塔的拆除爆破；烟囱和冷却塔拆除爆破相应级别对应的高度系数为2和1.5。					
注3：拆除爆破按一次爆破药量进行分级的工程包括：支撑、基础、地坪、单体结构等；围堰拆除爆破相应级别对应的药量系数为20。					
注4：B、C、D级一般岩土爆破工程，遇到周边有重点保护对象应提高一个工程级别，重点保护对象应符合7.1.5。					

4.2 爆破有害效应监测应由有资质的第三方机构实施。施工单位根据施工需要应进行针对性监测，用作调整爆破参数的依据和自证材料。

4.3 爆破有害效应监测应根据工程性质、爆破规模、地形地质条件、水文地质条件、环境及保护对象重要性等因素，设置必要的监测项目，进行跟踪监测。

4.4 实施爆破有害效应监测之前，监测单位应编制监测设计方案，对于重大爆破工程项目，还应进行专项宏观调查。

4.5 监测系统应符合 GB6722 的规定，并应符合以下条件：

- 监测仪器应具有名称、型号、编号、CMC 或 CPA 标志、制造厂商、合格证书、出厂日期等；
- 监测仪器应符合抗振、抗高（低）温、防尘、防潮及防水等环境要求，并应在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下正常工作；
- 所使用的监测仪器应满足国家计量法规的要求；
- 监测仪器的选择应满足监测项目的要求，应根据环境条件和监测要求合理安装。

4.6 承担爆破有害效应监测任务的单位和人员应符合下列条件：

- 持有《检验检测机构资质认定证书》，能力范围应包括爆破有害效应监测相关项目；
- 监测相关人员应持有爆破测振人员上岗证和公路水运工程试验检测师（水运结构与地基）或公路水运工程助理试验检测师（水运结构与地基）。

5 爆破有害效应监测设计

5.1 一般要求

5.1.1 监测项目由设计和安全评估单位提出，监理单位监督实施。

5.1.2 监测设计前期工作要求：

- 收集爆破设计、施工、爆区及监测对象所处的地质、地形以及其他监测资料等；
- 依据工程爆破施工具体情况，确定监测目的及监测项目；
- 进行必要的实地勘察。

5.1.3 爆破有害效应监测设计应包括（但不限于）以下内容：监测目的、监测项目、监测断面及测点布置、监测仪器设备数量及性能、监测实施进度、预期成果等。

5.1.4 爆破有害效应监测对象的选择和监测频次宜根据监测目的、现场环境条件等综合确定。

5.1.5 监测断面布置：

- 根据工程具体情况设置重点监测断面和随机监测断面；

- 重点监测断面的选择宜与重点监测对象的位置相适应；
- 随机监测断面结合现场环境条件和监测目的进行布置。

5.1.6 测点布置：

- 应结合爆破有害效应具体的传播规律有针对性进行布置；
- 测点布置位置应具有代表性，应反映爆破对保护对象的影响；
- 测点应结合仪器的使用要求进行布置。

5.1.7 需要获取爆破振动传播衰减规律时，测点宜布置在具有代表性的重点监测断面上。

5.2 水下爆破监测设计

5.2.1 水下爆破对附近岸坡和建（构）筑物存在有害影响时，应进行爆破振动监测，必要时进行爆破噪声、爆破涌浪、爆破个别飞散物等监测。

5.2.2 水下爆破对临水建（构）筑物（船闸、码头、船坞、桥梁、金属结构等）及其附属设施设备存在有害影响时，应进行爆破振动、爆破水中冲击波、爆破涌浪等监测，必要时进行爆破噪声、爆破个别飞散物等监测。

5.2.3 水下爆破对水面船只及水下生物等存在有害影响时，应进行爆破水中冲击波、爆破涌浪等有害效应的监测。

5.2.4 在临水建（构）筑物附近进行规模较大的水下爆破时，涌浪爬高较大或可能翻堤时，必须进行爆破涌浪观测。

5.3 露天爆破监测设计

露天爆破对附近建（构）筑物存在有害影响时，应进行爆破振动监测，必要时进行爆破噪声、爆破空气冲击波、爆破个别飞散物等监测。

6 宏观调查

6.1 宏观调查应采取爆前与爆后对比的方法进行，主要内容应包括（但不限于）：

- 保护对象的外观在爆破前后有无变化；
- 邻近爆区的岩土裂隙及需保护建（构）筑物上原有裂缝等在爆破前后有无变化；
- 在爆区周围设置的监测标志有无变化；
- 爆破振动或爆破噪声、爆破空气冲击波、爆破水中冲击波、爆破涌浪、爆破个别飞散物等爆破有害效应对人、生物及相关设施等有无不良影响。

6.2 在调查对象的相应部位，爆前应设置明显测量标志，对调查对象的整体情况，包括有无裂缝、裂缝位置、裂缝宽度及长度等，进行详细描述记录，必要时还应测图、摄像或录像；爆后调查这些部位的变化情况。

6.3 宏观调查测量标志点的部位宜与仪器测点相一致。

6.4 爆破前后，调查人员及其所使用的尺、放大镜等调查设备应相同。

6.5 应根据宏观调查结果，并对照仪器监测成果，评估保护对象受爆破影响的程度：

- 未破坏：建（构）筑物、基岩完好；原有裂缝无明显变化，爆破前后读数差值不超过所使用设备的测量精度；
- 轻微破坏：建（构）筑物、基岩轻微损坏，如房屋的墙面有少量抹灰脱落；爆破前后原有裂缝的读数差值超过所使用设备的测量精度，但不超过 0.5 mm，经维修后不影响其使用功能；
- 破坏：建（构）筑物、基岩出现破坏，如房屋的墙体错位、掉块；原有裂缝张开延伸，并出现新的细微裂缝等；
- 严重破坏：建（构）筑物严重破坏，原有裂缝张开延伸和错位，出现新的裂缝，甚至房屋倒塌。

6.6 调查爆破后人员、动植物受到影响的程度。

6.7 水运工程爆破有害效应宏观调查现场记录格式可采用附录 A 表 A.1。

7 爆破振动监测

7.1 一般规定

7.1.1 爆破振动监测包括质点振动速度监测、质点振动加速度监测和振动位移监测，评估爆破对港口及通航建筑物工程及其设施设备、不同类型建（构）筑物和其他保护对象的振动影响，应采用不同的安全判据和允许标准。

7.1.2 港口及通航建筑物工程及其设施设备、电站（厂）中心控制室设备、桥梁、隧道与巷道、永久性岩石高边坡、新浇大体积混凝土和其他建（构）筑物的爆破振动判据，采用能够反映爆破有害效应对保护对象影响的质点峰值振动速度和主振频率。根据不同类型建（构）筑物和其他保护对象的振动影响，质点振动速度和振动频率安全允许标准应符合附录 B 表 B.1 规定。

7.1.3 保护对象以质点振动加速度或位移作为安全判据时，应监测爆破质点振动加速度或位移。质点加速度或位移安全允许标准宜由相关管理单位确定。

7.1.4 核电站及受地震惯性力控制的精密仪器、仪表等特殊保护对象，应采用爆破振动加速度作为安全判据。

7.1.5 处于复杂环境的爆破工程应对以下保护对象进行爆破振动监测：

- 爆区 1 000 m 范围内的国家一、二级文物或特别重要的建（构）筑物、设施；
- 爆区 500 m 范围内的国家三级文物、风景名胜区、重要的建（构）筑物、设施；
- 爆区 300 m 范围内的省级文物、医院、学校、居民楼、办公楼等重要保护对象。

7.1.6 应根据爆破工程周边设施情况确定重点监测断面数：

- 港口工程：码头、防波堤、护岸、岸坡等宜布置 1~2 个；
- 通航工程：船闸、升船机、靠船构筑物、高边坡等宜布置 2~4 个；
- 水电工程：大坝、溢洪道及钢管槽边坡宜布置 2~4 个；水垫塘、电站进出水口等高边坡宜布置 1~2 个；
- 铁路及公路工程：车站、边坡宜布置 1~2 个；隧洞进出口、桥梁桥墩顶部等宜布置 1 个；一般道路边坡长度小于 1 000 m 的宜布置 1 个，大于 1 000 m 的每千米宜布置 1 个；
- 船厂设施：干船坞、船台滑道、钢结构等宜布置 1 个。

7.1.7 每一监测断面应布置至少 1 个测点；一般建（构）筑物，在靠近爆源一侧的外部地基表面布置 1~2 个测点；超过 4 层的建（构）筑物，还宜在顶层（或中间层）布置 1~2 个测点。

7.1.8 爆破振动监测频次应符合以下规定：

- 一次性爆破监测，各监测断面应同时监测；
- 长期爆破监测，重点监测断面应每月监测 1 次以上，至少 1 个代表性测点每次爆破必测；
- 按 7.1.5 规定进行的爆破振动监测，其测点数和监测频次应符合爆破安全评估报告要求。

7.2 仪器设备

7.2.1 仪器设备性能指标应符合以下要求：

- 传感器频带线性范围应符合表 2 规定；
- 记录设备的采样频率宜大于 100 倍被测物理量的主振频率；
- 加速度传感器或速度传感器的灵敏度非线性度不大于 $\pm 5\%$ ；
- 传感器和记录设备的测量幅值范围满足监测项目的要求；
- 记录设备具有现场显示、输入、保存实测波形信号、监测参数的功能，有对现场监测数据进行分析处理、与计算机进行数据通信的功能，并配有现场监测数据分析处理软件；
- 质点振动速度测试导线宜选用屏蔽电缆，质点振动加速度测试导线选用专用屏蔽电缆。

表2 被测物理量的频率范围

监测项目	爆破类型			
	深孔爆破		浅孔爆破	其他爆破
质点振动速度	近区	30 Hz~300 Hz	20 Hz~300 Hz	2 Hz~300 Hz
	中区	10 Hz~100 Hz		
	远区	2 Hz~50 Hz		
质点振动加速度	1 Hz~1 200 Hz		1 Hz~3 000 Hz	1 Hz~1 200 Hz

7.2.2 爆破振动监测数据作为司法鉴定依据时，仪器还应具有现场显示和实时远程传输实测物理量数据的功能。

7.2.3 传感器和记录设备应具有唯一性的电子身份标识。

7.3 测点布置

7.3.1 按爆破振动监测设计要求布置测点，统一编号并绘制测点布置图。

7.3.2 每一测点均应布置垂直向、水平径向和水平切向的传感器，同时监测三个方向的质点振动值。

7.3.3 测点具体位置应符合以下规定：

- 被测对象为建（构）筑物时，测点宜布置在距爆区最近侧的地基表面上；在顶层（或中间层）布置测点时，宜布置在靠近爆区的结构顶面；
- 被测对象为边坡时，最近测点宜布置在距爆区最近的马道内侧坡脚；
- 被测对象为码头、防波堤、护岸、岸坡时，测点宜布置在距爆区最近侧的主体结构顶面和后方回填区或接岸结构顶面；
- 被测对象为船闸、升船机、靠船、干船坞、船台滑道时，测点宜布置在距爆区最近侧的主体结构顶面；
- 被测对象为钢结构时，测点宜布置在距爆破最近侧的钢结构地基表面上（或钢结构顶面上）。

7.3.4 在地质条件发生突跃变化的地方（如断层等）应在突跃变化的两边分别布置测点。

7.4 仪器安装

7.4.1 安装前，应根据测点布置情况对测点及其传感器进行统一编号，确定传感器 X 方向为水平径向，Y 方向为水平切向，Z 方向为垂直向。

7.4.2 安装时，应确保振动传感器与介质紧密接触，不得出现松动与滑动现象：

- 传感器安放在岩石或基础表面时，应清理干净岩石或基础表面，并使之与传感器形成紧密（刚性）连接；加速度传感器与介质连接时，所用螺栓应与标定时一致；
- 传感器安放在岩体内部时，应采用与被测介质波阻抗接近的材料充填密实传感器周围的空间；
- 砂土质介质或基础上的传感器安装，应将传感器上的长螺杆全部插入被测介质内，使传感器与介质紧密连接。

7.4.3 在传感器安装过程中，应严格控制每一测点传感器不同方向安装角度，误差不大于 5° 。

7.4.4 需要获取爆破振动传播衰减规律时，测点至爆源的距离，按“近密远疏”的对数规律布置，测点数应不少于 5 个。

7.4.5 布置在爆破警戒区的仪器应进行必要的安全防护。

7.5 现场监测

7.5.1 应收集地形地质资料、保护对象资料，爆破规模、爆破方式、孔网参数、单段起爆药量、起爆顺序及起爆网路等。

7.5.2 应测量确定各测点的三维坐标。

7.5.3 合理选择自触发设定值，设置的量程、记录时间及采样频率等，应满足工程测振要求。

7.5.4 应依据记录设备电源的待机时间，合理选择开机时间；有远程控制的测振仪器可根据爆破程序设置开机指令。

7.5.5 监测爆破振动波传播速度时，应采用同步触发装置，使多个测点的测振仪器同步记录。

7.5.6 监测后应及时填写爆破振动监测记录表,用于司法鉴定或研究性工作的爆破振动监测记录表格式可采用附录 C 表 C.1;对于重复爆破的监测项目,监测结果仅作为安全判据时的爆破振动监测记录表格式也可采用附录 C 表 C.2。

7.5.7 监测原始记录应信息完整。

7.6 数据处理分析

7.6.1 监测数据应输入专用分析软件进行处理,分别读出监测量的峰值、对应的时间等,并进行频谱分析、主振频率计算。

7.6.2 应根据原始波形的特征,分析判定记录波形可能出现的异常数据并找出原因,给予必要的处理。

7.6.3 宜采用统计回归分析法给出振动速度的衰减规律,并随监测资料的累计适时修正。

7.6.4 频谱分析宜采用幅值频谱 FFT 方法计算,其中窗函数宜采用矩形窗,按此计算求得最大幅值对应的频率为主振频率。采用其他频谱分析方法求得主振频率时,应作对比说明。

7.6.5 爆破振动传播规律统计分析应符合下列规定:

- 监测记录应输入分析系统进行处理,分别读出垂直向、水平径向和水平切向的振动峰值、对应的频率等;
- 按一元或二元线性回归分析方法,分别求出垂直向、水平径向和水平切向爆破质点振动速度传播规律;
- 在同一高程的爆破质点振动速度传播规律,按式(1)进行回归整理;
- 在不同高程的爆破质点振动速度传播规律,按式(2)、式(3)进行回归整理;
- 应对回归计算结果进行相关性检验;
- 实测数据不能满足爆破振动衰减规律计算条件时,不应进行统计分析。

$$V = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{Q}} \right)^{-\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

V ——质点振动速度,单位为厘米每秒,cm/s;

K 、 α ——与爆区至测点间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数;

Q ——炸药量,齐发爆破为总装药量,延时爆破为对应于 V 值时刻起爆的单段药量,单位为千克,kg;

R ——测点至爆源的距离,单位为米,m;

$$V = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{Q}} \right)^{-\alpha} \left(\frac{H}{\sqrt[3]{Q}} \right)^{-\beta} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{或 } V = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{Q}} \right)^{-\alpha} e^{\beta H} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

H ——测点与爆源的高差,单位为米,m;

R ——测点至爆源的水平距离或在介质中的传播距离,单位为米,m;

β ——与爆区至测点间的地形、地质条件有关的衰减指数。

8 爆破噪声监测

8.1 一般规定

8.1.1 爆破突发噪声判据,采用保护对象所在地最大声级。爆破噪声控制标准应符合附录 B 表 B.2 的规定。

8.1.2 在 0~2 类区域进行爆破时,应采取降噪措施并进行必要的爆破噪声监测。声环境功能区分类见附录 B 表 B.2。

8.2 仪器设备

8.2.1 爆破噪声监测应采用爆破噪声测试专用的 A 计权声压计及记录仪或声级计。

8.2.2 声级计(声压计)的测量范围需与爆破可能产生的噪声相适应。

8.3 测点布置

8.3.1 爆破噪声保护对象的区域和方位应根据爆区位置和爆破参数等确定,测点应选择敏感建(构)筑物或保护区域距离爆破作业区最近的位置。

8.3.2 测点布置应尽量避免噪声干扰源。

8.3.3 声级计(声压计)的布置应选择在空旷的位置,距周围障碍物应大于 1.0 m,距地面应大于 1.2 m,宜固定在三角架上。

8.4 现场监测

8.4.1 在室外测量,宜选择无风天气;当风速超过 4 级以上时,可在传感器上戴上防风罩或包上一层绸布。

8.4.2 测量时,各测点宜保持同样的噪声入射方向,噪声入射方向不应与传声器膜片垂直。

8.4.3 测量时,宜记录周边是否存在噪声干扰源,若有,则需测试干扰源噪声值。

8.4.4 监测后应及时填写爆破噪声监测记录表,爆破噪声监测记录表格式可采用附录 C 表 C.3。

9 爆破空气冲击波监测

9.1 一般规定

9.1.1 爆破空气冲击波超压的安全允许标准应符合附录 B 表 B.3 和表 B.4 的规定。

9.1.2 爆破空气冲击波对人员和其他保护对象的安全允许距离应根据 GB 6722 的有关规定计算确定。

9.2 仪器设备

9.2.1 爆破空气冲击波监测宜采用专用的爆破测试系统,测试系统由压力传感器和记录设备组成。

9.2.2 压力传感器和记录设备的测量幅值范围满足爆破空气冲击波监测项目的要求。

9.2.3 记录设备具有现场显示、输入、保存实测波形信号、监测参数的功能,有与计算机进行数据通信的功能。

9.2.4 压力传感器宜配备有冲击波测试专用支架。

9.3 测点布置

9.3.1 爆破空气冲击波应符合 8.3 的规定。

9.3.2 压力传感器应固定在三角架上,接收面对准爆源。

9.4 现场监测

9.4.1 应收集爆破参数、爆破空气冲击波安全允许距离以及保护对象爆前爆后的宏观调查等资料。

9.4.2 合理设置采样频率、采样长度、灵敏度和电平等,应满足爆破空气冲击波监测要求。

9.4.3 在监测开始前应对压力传感器设置零点偏移。

9.4.4 监测后应及时填写爆破空气冲击波监测记录表,爆破空气冲击波监测记录表格式可采用附录 C 表 C.4。

10 爆破水中冲击波监测

10.1 一般规定

10.1.1 水下爆破实施前，爆破区域附近有建（构）筑物、养殖区、野生水生物需保护时，应针对爆破水中冲击波制定有效的安全保护措施。受影响水域内有重点保护生物时，应与生物保护管理单位协商制定保护措施。

10.1.2 爆破水中冲击波超压峰值对鱼类影响安全控制标准应符合附录 B 表 B.5 的规定。

10.1.3 在重要水工、港口设施附近及水产养殖场或其他复杂环境中进行水下爆破，应通过测试对爆破水中冲击波的影响做出评估，并确定安全允许距离。

10.1.4 爆破水中冲击波对人员、施工船舶和非施工船舶的安全允许距离应根据 GB 6722 的有关规定计算确定。

10.2 仪器设备

10.2.1 爆破水中冲击波监测宜采用专用的爆破测试系统，测试系统由压力传感器和记录设备组成。

10.2.2 压力传感器和记录设备的测量幅值范围满足爆破水中冲击波监测项目的要求。

10.2.3 记录设备具有现场显示、输入、保存实测波形信号、监测参数的功能，有与计算机进行数据通信的功能。

10.2.4 压力传感器的工作频率，应不小于 1 MHz。

10.2.5 记录设备应使用大容量智能数据采集分析系统，其工作频率范围应满足 0 MHz~10 MHz。

10.3 测点布置

10.3.1 临水建（构）筑物的测点宜布置在距建（构）筑物约 0.2 m 且靠近爆源的迎水面处。

10.3.2 测点入水深度宜为 1/3~1/2 水深，网箱养殖区的测点宜为 1/3~1/2 网箱入水深度处。

10.3.3 压力传感器宜布置在水中设置的测试固定桩上，压力传感器接收面对准爆源。

10.3.4 结合监测进行爆破水中冲击波传播规律测试时，接近密远疏的对数规律布置测点数不应少于 5 个。测点至爆源的距离，可根据爆破规模参考已有经验公式或基于已有试验数据（也可进行预试验得到）根据式（4）拟合得到的公式估算：

$$P_m = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha \dots\dots\dots (4)$$

式中：

P_m ——质点振动速度，单位为厘米每秒，cm/s；

K 、 α ——和炸药及环境条件有关的实测系数和衰减指数；

Q ——炸药量，齐发爆破为总装药量，延时爆破为对应于 P_m 值时刻起爆的单段药量，单位为千克，kg；

R ——测点至爆源的距离，单位为米，m。

10.4 现场监测

10.4.1 应收集爆破参数、爆破水中冲击波安全允许距离以及爆源附近建（构）筑物、水生物和水产养殖的宏观调查等资料。

10.4.2 合理设置采样频率、采样长度、灵敏度和电平等，应满足爆破水中冲击波监测要求。

10.4.3 在监测开始前应对压力传感器设置零点偏移。

10.4.4 监测后应及时填写爆破水中冲击波监测记录表，爆破水中冲击波监测记录表格式可采用附录 C 表 C.5。

11 爆破涌浪监测

11.1 一般规定

- 11.1.1 爆破涌浪监测包括涌浪压力、浪高及其周期监测，对于重要护坡部位，还应进行波浪爬高监测。
- 11.1.2 在重要水工、港口设施附近及水产养殖场或其他复杂环境中进行水下爆破，应通过测试、邀请专家对涌浪的影响做出评估。涌浪安全允许标准应由相关管理单位确定。

11.2 仪器设备

- 11.2.1 爆破涌浪监测宜采用专用的涌浪测试系统。
- 11.2.2 涌浪压力监测应采用脉动压力传感器，宜选用电阻式或压阻式。
- 11.2.3 涌浪压力监测仪器应具有较高的灵敏度，测试精度应达到 0.001 MPa，记录时间不宜小于 1 min。
- 11.2.4 浪高和周期宜采用测波标杆或测波器监测。

11.3 测点布置

- 11.3.1 测点宜布置在保护对象迎水侧的水面 1.5m 以下具有代表性的位置。
- 11.3.2 涌浪压力传感器接收面应正对爆源。
- 11.3.3 仪器接收设备应布置牢固，不得出现松动现象。
- 11.3.4 测点位置不具备布置仪器接收设备条件时，可设置锚固装置。

11.4 现场监测

- 11.4.1 应收集保护对象爆前爆后宏观调查、爆破参数、爆破涌浪安全允许距离等资料。
- 11.4.2 应合理设置涌浪测试系统的采集参数，满足爆破涌浪监测要求。
- 11.4.3 监测后应及时填写爆破涌浪监测记录表，爆破涌浪监测记录表格式可采用附录 C 表 C.6。

12 爆破个别飞散物监测

12.1 一般规定

- 12.1.1 一般爆破个别飞散物对人员的最小安全距离应符合附录 B 表 B.6 规定。对设备或建（构）筑物的安全允许距离应根据 GB 6722 的有关规定计算确定。
- 12.1.2 爆破引起的个别飞散物可能对附近人员、设备或建（构）筑物产生危害时应进行爆破个别飞散物监测。

12.2 仪器设备

- 12.2.1 爆破个别飞散物监测宜采用高速摄像系统，通过高速摄像的方式估算爆破个别飞散物的数量、高度、水平距离。
- 12.2.2 高速摄像技术应具有实时目标捕获、图像快速记录、即时回放、图像直观清晰等特点。
- 12.2.3 高速摄像系统应具有成像、信号传输、远程控制、图像存储与处理等功能。

12.3 测点布置

- 12.3.1 测点位置应与爆源通视良好，无干扰。
- 12.3.2 测点位置距爆源不小于 1.2 倍爆破个别飞散物的安全允许距离。
- 12.3.3 爆破个别飞散物水平方向和最大宽度的监测宜在爆源正上方布置 1 个测点，爆破个别飞散物最大高度的监测宜在水平方向布置 1 个测点，确保能捕获所有飞散物。
- 12.3.4 爆源正上方的测点可采用搭载高速摄像系统的无人机，水平方向的测点可采用高速摄像机，镜头水平设置，对准爆源。

12.4 现场监测

- 12.4.1 起爆前应收集爆破参数并确定爆破个别飞散物安全允许距离。

- 12.4.2 应采集各测点的三维坐标。
- 12.4.3 合理设置高速摄像系统参数，爆破个别飞散物在高速摄像系统成像清晰。
- 12.4.4 根据爆破个别飞散物成像结合测点坐标、高速摄像系统参数确定爆破个别飞散物方向并估算爆破个别飞散物最大宽度或最大高度。
- 12.4.5 监测后应及时填写爆破个别飞散物监测记录表，爆破个别飞散物监测记录表格式可采用附录 C 表 C.7。

13 监测报告编写

- 13.1 监测报告内容应包括（但不限于）：监测目的和方法、测点布置、测试系统的标定结果、实测波形图及其处理方法、各种实测数据、判定标准和判定结论。爆破有害效应监测报告格式可采用附录 D 的格式。
- 13.2 重复爆破的监测项目，依据监测频度的不同，一般可以用简报、月报或业主规定的形式发送报告，依据施工进度情况和阶段监测结果提供阶段性报告，现场监测工作结束后编制完整的监测报告。爆破有害效应监测简报格式可采用附录 E。
- 13.3 每次观测后应及时对监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场核对和复测。
- 13.4 当监测数据超过相应的控制标准时，应及时发出预警并加密监测，且监测单位应在规定时间内报告相关部门。相关部门应结合施工工况、地质资料、设计要求等对监测数据进行综合分析，判断是否危及保护对象安全，必要时及时采取相应的工程措施。
- 13.5 监测报告应有报告编写人员、监测人员、审核人、授权签字人签名，并在封面加盖 CMA 标志。监测报告的正本应包括（但不限于）以下附件：监测单位营业执照、相关部门颁发的《资质认定证书》、主要监测人员资格证明等附件。
- 13.6 需要对监测结果进行分析和评估的，可另提供爆破有害效应安全评估报告（以下简称评估报告），评估报告除了监测报告包括的内容外，还应包括监测波形（数据）的处理方法、判定标准和判定结论、分析结果与建议等。
- 13.7 监测项目完成后，现场监测原始记录、监测简报、监测月报、监测阶段性报告、监测总报告等应及时存档。

附录 A

(资料性)

水运工程爆破有害效应宏观调查记录表

表 A.1 为水运工程爆破有害效应宏观调查记录表式样。

表A.1 水运工程爆破有害效应宏观调查记录表

项目名称						
委托单位						
爆破作业单位						
起爆时间				天气		
工程部位		爆破部位		X: H:		
		Y:				
爆破类型		炸药品种		飞石方向		
钻孔直径		炸药直径		孔数		
孔深		孔距		排距		
单孔药量		总药量		最大爆破单段药量		
防护措施				堵塞长度		
调查地点		爆源距	记录仪编号	传感器编号	速度(加速度/噪声/空气超压)	备注
调查地点坐标		人员类型	振动感受	噪音感受	建(构)筑物	
X: H:		本人				
Y:		旁人				
宏观记录						
调查地点		爆源距	记录仪编号	传感器编号	速度(加速度/噪声/水中超压)	备注
调查地点坐标		水中生物		船舶	涌浪	
X: H:						
Y:						
宏观记录						

注：振动感受可记录为无、弱、明显、强烈；噪音感受可记录为一般、可忍、难忍；水中生物可记录为无影响、击晕、少量死亡、大量死亡。

调查、记录:

复核:

附录 B

(规范性)

水运工程爆破有害效应安全允许标准

B.1 水运工程爆破有害效应安全允许标准

B.1.1 水运工程爆破振动安全允许标准见表B.1。

表B.1 水运工程爆破振动安全允许标准表

保护对象类别		安全允许质点振动速度(cm/s)		
		$f \leq 10\text{Hz}$	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$> 50\text{Hz}$
码头、防波堤、护岸、岸坡	重力式结构	5.0~8.0		
	高桩、板桩结构	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
船坞、船台滑道、船闸、升船机、航道整治建(构)筑物	混凝土结构	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
	钢结构	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0
桥梁	钢结构桥	5.0~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0
	圬工桥、混凝土及预应力混凝土桥	4.0~5.0	5.0~6.0	6.0~7.0
土窑洞、土坯房、毛石房屋		0.15~0.45	0.45~0.9	0.9~1.5
一般民用建(构)筑物		1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0
工业和商业建(构)筑物		2.5~3.5	3.5~4.5	4.2~5.0
一般古建筑与古迹		0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5
运行中的水电站及发电厂中心控制室设备		0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.9
水工隧道		7~8	8~10	10~15
交通隧道		10~12	12~15	15~20
矿山巷道		15~18	18~25	20~30
永久性岩石高边坡		5~9	8~12	10~15
新浇大体积混凝土	初凝~3d	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0
	3d~7d	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~7.0
	7d~28d	7.0~8.0	8.0~10.0	10.0~12.0

注1: 表中质点振动速度为3个分量中的最大值, 振动频率为主振频率, 系指最大振幅所对应波频率。
 注2: 频率范围可根据类似工程或现场实测波形选取。
 注3: 选取建(构)筑物安全允许振速时, 应综合考虑建(构)筑物的重要性、建筑质量、新旧程度、自振频率、地基条件等因素。
 注4: 省级以上(含省级)重点保护古建筑与古迹的安全允许振速, 应经专家论证选取, 并报相应文物管理部门批准。
 注5: 选取隧道、巷道安全允许振速时, 应综合考虑构筑物的重要性、围岩状况、断面大小、深埋大小、爆源方向、地震振动频率等因素。
 注6: 非挡水新浇大体积混凝土的安全允许振速, 可根据本表给出的上限值选取。
 注7: 特殊结构或有病害的保护对象, 其爆破质点振动速度安全允许值应进行专家论证。

B. 1. 2 爆破噪声控制标准见表B. 2。

表B. 2 爆破噪音控制标准

声环境功能区类别	对应区域	不同时段控制标准/dB (A)	
		昼间	夜间
0 类	康复疗养区、有重病号的医疗卫生区或生活区，进入冬眠的养殖动物区	65	55
1 类	居民住宅、一般医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域	90	70
2 类	以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域；噪声敏感动物集中养殖区，如养鸡场等	100	80
3 类	以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域	110	85
4 类	人员警戒边界，非噪声敏感动物集中养殖区，如养猪场等	120	90
施工作业区	矿山、水利、交通、铁道、基建工程和爆炸加工的施工厂区内	125	110

B. 1. 3 爆破空气冲击波对作业人员安全允许标准见表B. 3。

表B. 3 爆破空气冲击波对作业人员安全允许标准

序号	类型	安全允许空气冲击波峰值 (10 ⁵ Pa)
1	不设防	0. 02
2	有掩体	0. 10

B. 1. 4 建（构）筑物的破坏程度与超压关系见表B. 4。

表B. 4 建（构）筑物的破坏程度与超压关系

破坏等级		1	2	3	4	5	6	7
破坏等级名称		基本无破坏	次轻度破坏	轻度破坏	中等破坏	次严重破坏	严重破坏	完全破坏
超压ΔP/10 ⁵ Pa		< 0. 02	0. 02~0. 09	0. 09~0. 25	0. 25~0. 40	0. 40~0. 55	0. 55~0. 76	>0. 76
建（构） 筑物破坏 程度	玻璃	偶然破坏	少部分破呈大块，大部分呈小块	大部分破成小块到粉碎	粉碎	—	—	—
	木门窗	无损坏	窗扇少量破坏	窗扇大量破坏，窗门扇、窗框破坏	窗扇掉落、内倒，窗框、门扇大量破坏	门、窗扇摧毁，窗框掉落	—	—
	砖外墙	无损坏	无损坏	出现小裂缝，宽度小于 5mm，稍有倾斜	出现较大裂缝，缝宽 5mm~50mm，明显倾斜，砖垛出现小裂缝	出现大于 50 mm 的大裂缝，严重倾斜，砖垛出现较大裂缝	部分倒塌	大部分到全部倒塌
	木屋盖	无损坏	无损坏	木屋面板变形，偶见折裂	木屋面板、木檩条折裂，木屋架支坐松动	木檩条折断，木屋架杆件偶见折断支坐错位	部分倒塌	全部倒塌
	瓦屋面	无损坏	少量移动	大量移动	大量移动到全部掀动	—	—	—

表 B.4 建（构）筑物的破坏程度与超压关系(续)

破坏等级	1	2	3	4	5	6	7
破坏等级名称	基本无破坏	次轻度破坏	轻度破坏	中等破坏	次严重破坏	严重破坏	完全破坏
超压 $\Delta P/10^5\text{Pa}$	< 0.02	$0.02\sim 0.09$	$0.09\sim 0.25$	$0.25\sim 0.40$	$0.40\sim 0.55$	$0.55\sim 0.76$	> 0.76
建（构）筑物破坏程度	钢筋混凝土屋盖	无损坏	无损坏	出现小于 1 mm 的小裂缝	出现 1 mm~2 mm 宽的裂缝，修复后可继续使用	出现大于 2 mm 的裂缝	承重砖墙全部倒塌，钢筋混凝土承重柱严重破坏
	顶棚	无损坏	抹灰少量掉落	抹灰大量掉落	木龙骨部分破坏下垂缝	塌落	—
	内墙	无损坏	板条墙抹灰少量掉落	板条墙抹灰大量掉落	砖内墙出现小裂缝	砖内墙出现大裂缝	砖内墙出现严重裂缝至部分倒塌
	钢筋混凝土柱	无损坏	无损坏	无损坏	无损坏	有倾斜	有较大倾斜

B.1.5 爆破水中冲击波超压峰值对鱼类影响安全控制标准见表B.5。

表B.5 爆破水中冲击波超压峰值对鱼类影响安全控制标准

安全控制标准单位/ 10^5Pa	鱼类品种	自然状态/ 10^5Pa	网箱养殖/ 10^5Pa
高度敏感	石首科鱼类	0.10	0.05
中度敏感	石斑鱼、鲈鱼、梭鱼	$0.30\sim 0.35$	$0.20\sim 0.25$
低度敏感	冬穴鱼、野鲤鱼、鲟鱼、比目鱼	$0.35\sim 0.50$	$0.25\sim 0.40$

B.1.6 爆破个别飞散物对人员的安全允许距离见表B.6。

表B.6 爆破个别飞散物对人员的安全允许距离

爆破类型和方法		最小安全允许距离/m
露天岩土爆破	浅孔爆破法破大块	300
	浅孔台阶爆破	200（复杂地质条件下或未形成台阶工作面时不小于300）
	深孔台阶爆破	按设计，但不小于200
水下爆破	水深小于1.5m	与露天岩土爆破相同
	水深大于1.5m	由设计确定

附 录 C

(资料性)

水运工程爆破有害效应监测记录表

C.1 水运工程爆破有害效应监测记录表

C.1.1 表C.1为爆破振动监测记录表式样1。

表C.1 爆破振动监测记录表式样 1

一	工程概况										
爆破作业单位											
委托单位											
项目名称											
爆破地点					爆破日期	年 月 日					
爆破类型	☐ 露天爆破 ☐ 水下爆破 ☐ 其它爆破				爆破位置坐标	X:	H:				
					Y:						
温度(℃)					相对湿度(%)					天气	
按爆破设计方案选择的K、α值对测点振动速度峰值的技术及振动速度允许值对比	测点名称(或序号)	K/α	至爆源的距离(m)		最大爆破单段药量(kg)	振动速度计算值(cm/s)		振动速度允许值(cm/s)			
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
使用传感器数量(个)					测点分布图	提示: 文字描述、图片					
二	钻孔参数										
孔径(mm)			炮孔(个)				段位(个)				
最小抵抗线(m)			孔距(m)				排距(m)				
孔深(m)			填塞(m)				单耗(kg/m³)				
炸药种类					爆破总药量(kg)						
起爆方式					最大爆破单段药量(kg)						
特征段编号	1	2		3	4	5	6				
各段起爆时间(ms)											
各段起爆药量(kg)											

测试:

复核:

表 C.1 爆破振动监测记录表式样 1（续）

三			测点有关信息						
测点编号			起爆时间		时 分				
测点坐标	X		测点据爆源的距离 (m)		水平				
	Y				高差	高			
	Z					低			
测点地质描述		☐ 土壤 ☐ 岩土 ☐ 普通地面	传感器编号						
			传感器型号						
			测振仪器型号						
触发方式			触发电平 (cm/s)						
采样长度			采样速率			采样延时			
传感器固定方法			传感器安装状态		提示：文字描述、图片				
测点名称 或编号	距爆源水平 距离 (m)	仪器编 号	测振仪				峰值振动 速度 (cm/s)	爆破振动 主频率 (Hz)	峰值振动时 刻 (s)
			方 向	传感器灵敏 度 (mV/cm/s)	量程	采样时间 (s)			
1			X						
			Y						
			Z						
2			X						
			Y						
			Z						
3			X						
			Y						
			Z						
4			X						
			Y						
			Z						
5			X						
			Y						
			Z						
6			X						
			Y						
			Z						
注1：天气：晴、少云、多云、阴、小雨、中雨等，按当地气象台预报为准。 注2：测点的坐标可用测振仪的卫星定位模块自动读取经纬度；测点高程可取相对高差。 注3：测点相对高差由现场测量得出。									

测试:

复核:

C.1.2 表C.2为爆破振动监测记录表式样2。

表C.2 爆破振动监测记录表式样 2

项目名称												
委托单位												
爆破作业单位												
起爆时间							天气					
工程部位					爆破部位		X:		H:			
							Y:					
爆破总药量 (kg)			最大爆破单段药量 (kg)									
测点名称或编号	地质描述	坐标	爆源距 (m)	仪器编号	方向	峰值振动速度 (cm/s)	爆破振动主频率 (Hz)	备注				
1		X:			X							
		Y:			Y							
		Z:			Z							
2		X:			X							
		Y:			Y							
		Z:			Z							
3		X:			X							
		Y:			Y							
		Z:			Z							
4		X:			X							
		Y:			Y							
		Z:			Z							
5		X:			X							
		Y:			Y							
		Z:			Z							
6		X:			X							
		Y:			Y							
		Z:			Z							

测试:

复核:

C.1.3 表C.3为爆破噪声监测记录表式样。

表C.3 爆破噪声监测记录表

项目名称						
委托单位						
爆破作业单位						
起爆时间					天气	
工程部位			爆破部位	X: H: Y:		
爆破总药量 (kg)			最大爆破单段药量 (kg)			
测点名称或编号	坐标	爆源距 (m)	仪器编号	昼/夜间	dB 值	备注
1	X: Y: Z:					
2	X: Y: Z:					
3	X: Y: Z:					
4	X: Y: Z:					
5	X: Y: Z:					
6	X: Y: Z:					

测试:

复核:

C.1.4 表C.4为爆破空气冲击波监测记录表式样。

表C.4 爆破空气冲击波监测记录表

项目名称						
委托单位						
爆破作业单位						
起爆时间					天气	
工程部位				爆破部位	X: Y:	H:
爆破总药量 (kg)				最大爆破单段药量 (kg)		
测点名称或编号	坐标	爆源距 (m)	仪器编号	峰值超压 (10 ⁵ Pa)	峰值主频率 (Hz)	备注
1	X: Y: Z:					
2	X: Y: Z:					
3	X: Y: Z:					
4	X: Y: Z:					
5	X: Y: Z:					
6	X: Y: Z:					

测试：

复核：

C.1.6 表C.6为爆破浪涌监测记录表式样。

表C.6 爆破浪涌监测记录表

项目名称								
委托单位								
爆破作业单位								
起爆时间					天气			
工程部位				爆破部位	X: H:		Y:	
爆破总药量 (kg)				最大爆破单段药量 (kg)				
测点名称或编号	坐标	爆源距 (m)	仪器编号	涌浪压力 (Pa)	浪高 (m)	波浪爬高 (m)	周期 (s)	备注
1	X: Y: Z:							
2	X: Y: Z:							
3	X: Y: Z:							
4	X: Y: Z:							
5	X: Y: Z:							
6	X: Y: Z:							

测试： 复核：

C. 1. 7 表C. 7为爆破个别飞散物监测记录表式样。

表C. 7 爆破个别飞散物监测记录表

项目名称					
委托单位					
爆破作业单位					
起爆时间			天气		
工程部位			爆破部位	X : Y :	H :
爆破总药量 (kg)			最大爆破单段药量 (kg)		
记录仪名称	飞散物方向	飞散物最大宽度 (m)	飞散物最大高度 (m)	附图	备注

测试:

复核:

附录 D

(资料性)

水运工程爆破有害效应监测报告式样

水运工程爆破有害效应监测报告式样见图D.1、图D.2。

XX 工程爆破监测项目 (合同编号:)	
监测报告	
报告编号:	
GXAS 广西标准化协会	
监测人员:	
报告编写:	
审 核:	
批 准:	
监测单位: XXX	
地址:	
(监测时间: 年 月 日~月 日)	

图 D.1 水运工程爆破有害效应监测报告封面

爆破监测报告内容	
1. 概述	
1.1 监测目的	
1.2 监测内容与要求	
2. 监测对象与测点选择	
2.1 监测对象	
2.2 测点选择与测点布置图	
3. 监测方法与仪器	
3.1 监测方法	
3.2 测振仪器	
4. 监测数据与分析	
4.1 监测数据	
4.2 监测数据分析	
5. 监测结论	

图 D. 2 水运工程爆破有害效应监测报告内容

附 录 E

(资料性)

水运工程爆破有害效应监测简报格式

水运工程爆破有害效应监测简报格式见图E. 1、图E. 2。

XX工程爆破监测	
(合同编号:)	
监 测 简 报	
(第 期)	
GXAS	
广西标准化协会	
监测单位:	
(监测时间:	年 月 日~ 年 月 日)

图 E. 1 水运工程爆破有害效应监测简报格式封面

爆破监测简报内容	
1. 概 述	
1.1 监测目的	
1.2 监测要求	
2. 监测对象与测点布置	
2.1 监测对象	
2.2 测点布置图	
3. 监测数据与分析	
3.1 监测数据	
3.2 监测结果分析	

图 E. 2 水运工程爆破有害效应监测简报格式内容

参 考 文 献

- [1] DL/T 5333 水电水利工程爆破安全监测规程
 - [2] TB 10313 铁路工程爆破振动安全技术规程
 - [3] T/CSEB 0008 爆破振动监测技术规范
-



中华人民共和国团体标准
水运工程爆破有害效应监测技术规范
T/GXAS 491—2023
广西标准化协会统一印制
版权专有 侵权必究