

ICS 13.100

P 09

备案号: J494—2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5333 — 2005

**水电水利工程爆破安全
监测 规 程**

**Gode for blasting safety monitoring of
hydropower and water resources engineering**

2005-11-28 发布

2006-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 总则	6
5 爆破安全监测设计	8
6 宏观调查与巡视检查	12
7 爆破质点振动监测	14
8 爆破动应变监测	16
9 爆破孔隙动水压力监测	17
10 爆破水击波、动水压力及涌浪监测	18
11 爆破有害气体、空气冲击波及噪声监测	20
12 爆破影响深度检测	21
13 成果整理、分析与简报	23
附录 A (规范性附录) 工程爆破安全监测分类表	25
附录 B (资料性附录) 爆破宏观调查记录表	28
附录 C (资料性附录) 爆破安全监测纪录表	31
附录 D (资料性附录) 爆破振动传播规律统计分析方法	33
附录 E (规范性附录) 爆破安全允许标准	34
附录 F (资料性附录) 爆破影响深度声波参数测试 记录表	36
附录 G (资料性附录) 爆破安全监测简报要求	37
条文说明	39

前 言

本标准是根据国家发展和改革委员会《国家发改委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业[2005]739 号）要求制定的。

本标准在编制过程中，进行了广泛调查研究、收集资料，认真总结了我国水电水利工程爆破安全监测的实践经验及国内外最新研究成果，并征求了国内有关单位和专家的意见编写而成。

本标准的附录 A、附录 E 是规范性附录。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D、附录 F、附录 G 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：长江水利委员会长江科学院、水利部岩土力学与工程重点实验室。

本标准主要起草人：张正宇、吴新霞、赵根、张文焯、王文辉、祝红、刘美山、熊进、吴从清。

1 范 围

本标准规定了水电水利工程爆破安全监测、设计、实施方法等。

本标准适用于大中型水电水利工程各类建筑物相关的爆破安全监测工作。其他工程的爆破安全监测可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些标准的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本均适用于本标准。

GB 5748 作业场所空气中粉尘测定方法

GB 6722 爆破安全规程

DL/T 5010 水电水利工程物探规程

DL/T 5331 水电水利工程钻孔压水试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1

爆破 blasting

利用炸药的能量对介质做功，以达到预定工程目标的作业。

3.0.2

爆破有害效应 adverse effects of blasting

爆破时对爆区附近保护对象可能产生的有害影响。如爆破引起的地震、个别飞散物、空气冲击波、噪声、水中冲击波、动水压力、涌浪、粉尘、有毒气体等。

3.0.3

爆破安全监测 blasting safety monitoring

采用仪器设备等手段对爆破引起的有害效应进行测试与监控，判断爆破是否对保护对象产生有害影响，用于监督和指导爆破施工。

3.0.4

监测点（简称测点） monitoring point

布置的监测仪器及宏观调查位置。

3.0.5

单段爆破药量 charge amount per delay interval

采用延时爆破技术，每段爆破的炸药总量。

3.0.6

爆破地震 blast seism、ground vibration caused by explosion

爆炸能量引起爆区周围介质质点沿其平衡位置往复振动而形成的地震波，地震波向外扰动传播过程中造成相关介质质点振动过程的总和，称为爆破振动。

3.0.7

质点振动速度 particle vibration velocity
地震波作用下，介质质点往复运动的速度。

3.0.8

质点振动加速度 particle vibration acceleration
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。

3.0.9

振动频率 vibration frequency
特定质点每秒振动的次数。

3.0.10

主振频率 main vibration frequency
振动过程中最卓越主振相的振动频率。

3.0.11

爆破动应变 dynamic strain caused by explosion
爆破作用下，介质中产生单位长度上的变形。

3.0.12

爆破孔隙动水压力 dynamic pore pressure caused by explosion
爆破作用下，饱和砂土孔隙中水压力的变化。

3.0.13

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。

3.0.14

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。

3.0.15

爆破有害气体 adverse air caused by explosion
爆破生成物中对人体健康有害的气体。

3.0.16

爆破水击波 **water shock wave caused by explosion**

爆破作用下，在水中产生陡峭波头的压缩波。

3.0.17

爆破动水压力 **dynamic water pressure caused by explosion**

爆破作用下，在水中产生较缓波头的压缩波。

3.0.18

爆破涌浪 **wave caused by explosion**

爆破产生的水面波浪效应。

3.0.19

校准 **calibration**

在规定的条件下，为确定测量仪器、测量系统的示值或实物量具、参考物质所代表的量值，与对应的由标准所复现的量值之间关系的操作。

4 总 则

- 4.0.1 在水电水利工程爆破施工中，为保障保护对象的安全，规范爆破安全监测方法，特制定本标准。
- 4.0.2 本标准的监测内容，包括与水工建筑物等爆破安全有关的监测。
- 4.0.3 爆破安全监测应采取仪器监测和宏观调查相结合的方法。
- 4.0.4 爆破安全监测应根据工程性质、爆破规模、地形、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，遵照附录 A 规定进行跟踪监测或定期系统的监测。
- 4.0.5 爆破安全监测应遵循如下原则：
- 1 测点布置应针对工程爆破动力响应条件，结合静态安全监测的测点布置情况统筹安排，合理布置。
 - 2 监测设备的选择，应满足精度要求，宜实现自动化监测。
 - 3 监测设备的安装，应满足设计要求。
- 4.0.6 当除险加固、扩建、改建工程采用爆破法施工时，应遵照附录 A 规定做出爆破监测系统设计。
- 4.0.7 承担爆破安全监测的承包人，应在项目实施前进行爆破安全监测设计并编制实施计划。
- 4.0.8 爆破安全各监测项目，宜同时进行监测。
- 4.0.9 在敏感区附近爆破施工时，应对重点部位的有关项目加强监测，并进行巡视检查和宏观调查。
- 4.0.10 监测仪器、设备应按规定进行校准。
- 4.0.11 测试仪器设备应满足抗高（低）温、防潮及防水等测试环境要求。
- 4.0.12 用于司法鉴定的测试设备应具有现场实时显示实测物理

量的功能。

4.0.13 爆破安全监测应由有资质的承包人承担。

4.0.14 爆破安全监测作业安全应符合 GB 6722 的规定。

5 爆破安全监测设计

5.1 监测设计要求与内容

5.1.1 监测设计前期工作要求：

- 1 收集工程爆破设计、施工、爆区及监测对象所处的地质、地形以及静态监测资料。
- 2 依据工程爆破施工具体情况，确定监测目的及监测项目。
- 3 进行必要的实地勘察。

5.1.2 爆破监测设计应包含以下主要内容：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。

5.2 高边坡及建筑物基础开挖爆破安全监测设计

5.2.1 应进行爆破质点振动速度监测及爆破影响范围检测。工程爆破安全评估需要进行数值分析时，还应进行相应物理量的监测。

5.2.2 监测断面及测点布置：

1 应遵循重点监测断面与随机监测断面相结合的原则进行监测断面设计。

2 重点监测断面的选择宜与静态监测断面一致，应布置质点振动速度测点及爆破影响范围声波观测孔，视工程需要在岩体内适当布置质点振动速度、加速度及动应变测点。

3 随机监测断面应布置表面质点振动速度测点。

5.2.3 重点监测断面数量宜为：大坝坝端、溢洪道及钢管槽边坡 2~4 个；水垫塘、电站进（出）水口等高边坡 1~2 个。

5.2.4 在临近爆区不同高程马道上，测点宜布置在马道内侧坡角处，测点数不少于 3 个，最近测点宜布置在距离爆区边缘 10m 范

围内。

5.2.5 在重点监测断面的马道及坡面处宜各布置一组垂直于被测基岩面的爆破影响深度声波观测孔。

5.2.6 在新浇混凝土、喷锚支护（临时喷锚支护除外）以及其他特殊部位附近进行爆破作业时，应在这些部位距爆区最近点上布置质点振动速度测点。

5.2.7 当需要测量爆破振动传播规律时，测点宜布置在具有代表性的重点监测断面上。

5.3 地下工程开挖爆破安全监测设计

5.3.1 应进行爆破质点振动速度监测及爆破影响深度检测。

5.3.2 大型洞室开挖爆破应布置 1~2 个与静态监测断面一致的重点监测断面。

5.3.3 每一监测断面应设 3~5 个测点；地下厂房开挖爆破时，岩锚梁上的测点宜布置在边墙侧，最近测点宜布置在距爆区边缘 10m 范围内。

5.3.4 重点监测断面的岩锚梁上及各开挖层上下游侧的边墙上，应各布置一组垂直于被测岩基面的爆破影响深度声波观测孔；引水洞、尾水洞、母线洞及主变洞等隧洞按不同围岩类别及每 100m 布置一组垂直于被测基岩面的声波观测孔，每条洞不少于一组。

5.3.5 洞间距小于 1.5 倍平均洞径的相邻洞爆破时，应在非爆破的邻洞布置质点振动速度测点，定期进行监测；需要时还应进行本洞爆破质点振动速度监测。

5.3.6 在新浇混凝土等特殊部位附近进行爆破作业时，按 5.2.6 的规定执行。

5.3.7 当需要测量爆破振动传播规律时，按 5.2.7 的规定执行。

5.3.8 爆破有害气体监测按 11.1 的规定执行；粉尘监测见 GB 5748。

5.4 岩塞爆破和围堰拆除爆破安全监测设计

5.4.1 岩塞爆破和围堰拆除爆破时，应在厂房及敏感的机电设备基础、大坝基础廊道及坝顶、帷幕灌浆区、进（出）水口或围堰附近的闸墩顶部、起闭机排架基础、闸门槽等部位，根据需要布置质点振动速度或加速度测点。

5.4.2 爆区附近水域中有建筑物、金属结构等时，宜根据需要布置水击波和动水压力测点。

5.4.3 采用下闸挡水爆破时，宜根据需要在挡水闸门上布置动应变测点。

5.5 水电站扩机开挖爆破安全监测设计

5.5.1 水电站扩机开挖爆破应在厂房及敏感的机电设备基础、开关站、坝基及坝顶、帷幕灌浆区、进水口工作闸门及与闸门相关结构物等部位，根据需要布置质点振动速度或加速度测点。

5.5.2 需进行地下开挖时，按 5.3 的规定执行。

5.6 水下开挖爆破安全监测设计

5.6.1 水下爆破对水工建筑物、金属结构、码头、桥梁、水面船只及水下生物等有安全影响时，应进行水击波和动水压力以及涌浪监测。

5.6.2 水下爆破对附近岸坡和建筑物有安全影响时，应进行爆破质点振动速度监测，必要时进行岸坡涌浪监测。

5.6.3 水下爆破对土质岸坡有安全影响时，宜进行孔隙动水压力监测。

5.7 其他开挖爆破安全监测设计

5.7.1 料场开挖、废旧水工建筑物拆除等爆破可能危及周围建筑物安全时，应在有代表性的建筑物基础上布置质点振动速度测点。

5.7.2 其他爆破开挖形成高边坡后，应符合 5.2 有关规定。

5.7.3 基坑开挖爆破对挡水围堰安全有影响时，选择 2~3 个围堰监测断面，并在浸润线下不同高程堰体内布置 2~3 个测点，同时监测质点振动速度及孔隙动水压力。

5.7.4 爆破对附近工业与民用建筑物有影响时，应进行爆破振动、噪声及飞石等有害效应监测。

6 宏观调查与巡视检查

6.0.1 爆破对保护对象可能产生危害时，应进行宏观调查与巡视检查。

6.0.2 宏观调查与巡视检查，应采取爆前爆后对比检测方法，主要内容应包括：

- 1 保护对象的外观在爆破前后有无变化。
- 2 邻近爆区的岩土裂隙、层面及需保护建筑物上原有裂缝等在爆破前后有无变化。
- 3 在爆区周围设置的观测标志有无变化。
- 4 爆破振动、飞石、有害气体、粉尘、噪声、水击波、涌浪等对人员、生物及相关设施等有无不良影响。

6.0.3 在保护对象的相应部位，爆前应设置明显测量标志，对保护对象的整体情况，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、摄影或录像；爆后调查这些部位的变化情况。

6.0.4 宏观调查测量标志点的部位应尽量与仪器监测点相一致。

6.0.5 爆破前后，调查人员及其所使用的调查设备（尺、放大镜等）应相同。

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

1 未破坏：建筑物、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不确定度。

2 轻微破坏：建筑物、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不确定度，但不超过 0.5mm，经维修后不影响其使用功能。

3 破坏：建筑物、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。

4 严重破坏：建筑物严重破坏，原有裂缝张开延伸和错位，出现新的裂缝，甚至房屋倒塌。

6.0.7 调查爆破后人员、动植物受到影响的程度。

6.0.8 宏观调查现场记录，根据爆破类型可参见附录 B 分类填写。

7 爆破质点振动监测

7.0.1 爆破质点振动监测包括质点振动速度监测和质点振动加速度监测。

7.0.2 监测仪器设备应符合下列规定：

1 传感器频带线性范围应覆盖被测物理量的频率，可按照表 7.0.2 对被测物理量的频率范围进行预估。

表 7.0.2 被测物理量的频率范围 Hz

监测项目	爆破类型			
	洞室爆破	深孔爆破		地下开挖爆破
质点振动速度	2~50	近区	30~500	20~500
		中区	10~200	
		远区	2~100	
质点振动加速度	0~300	0~1200		0~3000

2 记录设备的采样频率应大于 12 倍被测物理量的上限主振频率。

3 传感器和记录设备的测量幅值范围应满足被测物理量的预估幅值要求。

4 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应选用专用屏蔽电缆。

7.0.3 测点布置应符合下列规定：

1 应按监测设计要求布置测点，统一编号并绘制测点布置图。

2 每一测点一般宜布置竖直向、水平径向和水平切向三个方向的传感器。

3 需获取爆破振动传播规律时，测点至爆源的距离，接近密

远疏的对数规律布置，测点数应不少于 5 个。

7.0.4 传感器的安装应符合下列规定：

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。

2 应对传感器安装部位的岩石介质或基础表面进行清理、清洗；速度传感器与被测目标的表面形成刚性连接；加速度传感器与介质连接时，所用螺栓应与标定时一致。

3 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。

4 在传感器安装过程中，应严格控制每一测点不同方向的传感器安装角度，误差不大于 5° 。

5 固定内部测点传感器的充填材料，其声阻抗应与被测介质相一致，可与静态观测仪器一同埋设。

7.0.5 现场测试应符合下列规定：

1 应收集爆破规模、爆破方式、孔网参数及起爆网路等爆破参数。

2 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被测物理量的要求。

3 应依据记录设备电源的待机时间，合理选择开机时间。

4 无线测量时，应采用同步测试装置将多测点的自记系统相连接。

5 监测后应填写爆破振动监测记录表，参见附录表 C.1。进行爆破振动传播规律测试时，参见附录 D 的规定。

7.0.6 根据保护对象的类型，应按爆破振动安全允许标准，对其安全性作出初步评价。爆破振动安全允许标准见附录 E.1、附录 E.2。

8 爆破动应变监测

8.0.1 监测仪器设备应符合下列规定：

- 1 应根据被测应变波频率范围确定应变片长度；用于混凝土测试的应变片长度应大于 2 倍最大骨料粒径。
- 2 记录设备的采样频率应大于 12 倍被测应变波的上限主振频率，量程及存储容量应满足测量要求，应采用多芯屏蔽电缆。
- 3 应变仪的高频响应应满足测试要求。

8.0.2 测点布置应符合下列规定：

- 1 根据需要测点可布置在结构体关键点位内部或结构物表面。
- 2 同一测点有振动参数及动应变测试时，两类传感器应尽量靠近，但不能相互影响。

8.0.3 应变片的安装应符合以下规定：

- 1 在结构体表面进行监测时，应首先对被测物表面进行平整、防潮处理，然后将应变片贴在被测物表面。
- 2 在结构体内进行监测时，应变片宜预加工成动测应变元件；动测应变元件和回填材料的声阻抗应与被测介质相同。

8.0.4 监测后应填写爆破动应变监测记录表，参见附录表 C.2。

9 爆破孔隙动水压力监测

9.0.1 一般规定:

1 爆破振动较大可能造成影响时,在砂基、砂土堤坝等浸润线以下饱和度大于 95% 的部位,应设置孔隙动水压力及质点振动速度(或加速度)监测点,并同时监测。

2 爆破孔隙动水压力监测时,爆破前后的地下水位变化应同步观测。

9.0.2 监测仪器及其安装应符合下列规定:

1 孔隙动水压力监测宜采用动孔隙水压力计,如渗压计等,由动态应变仪将信号输入到记录设备。

2 孔隙动水压力传感器宜采用钻孔埋设法。根据孔中埋设的仪器数量,一般采用 $\phi 110\text{mm}$ 以上的钻孔。成孔后应在孔底铺设厚约 20cm 中粗砂垫层。

3 孔隙动水压力传感器的连接电缆,应用软管套护。传感器埋设应自下而上依次进行,用中粗砂封埋测头,用膨润土干泥球逐段捣实封孔,并随时进行检查。

4 应对监测对象的干密度、级配等物理性质进行取样检测,取样点应在监测点附近;必要时还应进行有关土的力学性质试验。

9.0.3 测点布置应符合下列规定:

1 对于确定砂土液化范围及深度的监测,应按测点至爆源中心的距离由近及远布置监测断面,并在不同高程布置监测点。

2 基础下部有易液化的土层时,应在该土层内埋设测点。

9.0.4 监测后应填写爆破孔隙动水压力监测记录表,参见附录表 C.2。

9.0.5 遵照附录 E.3 规定,可对所监测对象的安全性作出初步评价。

10 爆破水击波、动水压力及涌浪监测

10.1 爆破水击波及动水压力监测

10.1.1 进行水下爆破时，应对爆区附近需保护对象进行水击波及动水压力监测。

10.1.2 监测仪器设备应符合下列规定：

1 水击波传感器的工作频率，应不小于 1000kHz；动水压力测试的传感器的工作频率，应不小于 1kHz，测压量程应大于测点动压力范围。

2 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 0MHz~10MHz；仅用于动水压力测试的工作频率范围应满足 0kHz~10kHz。

10.1.3 测点布置应符合下列规定：

1 邻近建筑物的测点宜布置在距建筑物约 0.2m 的迎水面处。

2 结合监测进行爆破水击波传播规律测试时，测点至爆源的距离，可根据爆破规模参考已有经验公式估算，按近密远疏的对数规律布置，测点数不应少于 5 个，其测点入水深度宜为 1/3~1/2 水深。

10.1.4 监测后应填写爆破水击波及动水压力监测记录表，参见附录表 C.2。

10.2 爆破涌浪监测

10.2.1 水下爆破引起的涌浪可能对附近建筑物产生危害时应进行爆破涌浪监测。

10.2.2 一般应进行涌浪压力、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。

10.2.3 监测仪器设备应符合下列规定：

1 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。

2 浪高和周期宜采用测波标杆或测波器监测。

10.2.4 测点宜布置在被保护建筑物迎水面、水面 1.5m 以下具有代表性的位置。

10.2.5 监测后，应填写爆破涌浪监测记录表，参见附录表 C.2。

11 爆破有害气体、空气冲击波及噪声监测

11.1 爆破有害气体监测

11.1.1 地下工程爆破作业应进行有害气体浓度监测。其浓度值不应超过附录 E.4 的规定。

11.1.2 地下爆破作业面炮烟浓度宜每周监测一次。

11.1.3 采样环境应与日常施工环境相同，监测爆破后工作时段内的有害气体浓度宜采用便携式智能有毒气体检测仪检测。

11.1.4 应建立有害气体及粉尘的产生与分布和排烟、降尘措施的档案。

11.2 爆破空气冲击波及噪声监测

11.2.1 爆破空气冲击波超压及噪声的测试宜采用专用的爆破噪声测试系统，也可采用声级计。

11.2.2 测点布置应符合下列规定：

1 根据爆区位置和爆破参数等，确定爆破噪声保护对象区域方位，选择敏感建筑物或保护区域距离爆破作业区最近的位置为监测点。

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

11.2.3 监测后应填写爆破空气冲击波及噪声监测记录表，参见附录表 C.1。

11.2.4 爆破噪声控制标准及计算方法见附录 E.5 的规定。

12 爆破影响深度检测

12.0.1 爆破影响深度检测宜采用声波法，必要时可采用钻孔电视或压（注）水试验等方法。

12.0.2 测区宜布置在具有代表性的工程岩土或介质部位，并满足工程检测的目的和要求。

12.0.3 声波法测试方法及要求：

1 可采用同孔法或跨孔法，测试同一地段爆破前后纵波波速降低或声波振幅衰减的方法进行爆破影响深度检测。

2 测孔在爆破区底部高程以下的深度应大于 40 倍爆破孔直径。

3 绘制纵波波速、波幅变化爆破前后对比图，作为破坏区分析的依据。

12.0.4 爆破测试孔在爆前观测完毕后应采用粗砂回填，回填高度应不小于爆破区底部高程以上 50cm。

12.0.5 测试孔宜布置在介质表面较平整的部位，且垂直于壁面，直立面可以钻俯角小于 5° 的斜孔。

12.0.6 检测技术要求：

1 测试孔应进行测量定位。

2 冲洗钻孔并注满清水作为耦合剂。对向上倾斜的测孔，应采取有效的供水、止水措施。

3 进行孔间穿透测试时，换能器应装上扶位器，测量两孔口中心点的距离，相对误差应小于 1%。

4 同孔测试时，换能器每次移动距离宜为 0.2m~0.3m。

5 每一测点应测读两次，对异常测段和测点，应测读三次，读数差不宜大于该读数的 3%，以最接近的两次测值平均值作为读数值。

6 应在测试现场填写爆破影响深度声波参数测试记录表, 参见附录 F。

12.0.7 钻孔电视摄像可利用声波孔, 并应符合 DL/T 5010 的规定。

12.0.8 压水试验法的钻孔与声波孔布置原则一致, 测试应符合 DL/T 5331 的规定。

13 成果整理、分析与简报

13.0.1 测试记录应完整，并应包括与监测项目相关的内容。

13.0.2 监测数据应输入专用分析系统进行处理，分别读出各测试量的峰值、对应的频率、时间等，并根据需要进行频谱分析。

13.0.3 应依据起爆网路分段情况，甄别记录波形的真伪。

13.0.4 遵照附录 E 的规定可对监测成果进行必要的安全评估。

以下参数应进行换算：

1 动应变。当控制标准为应力值时，应将动应变值换算成动应力值。

2 孔隙动水压力。对孔隙动水压力、质点振动速度及地下水位进行综合分析，依据砂土液化的综合判据，判断是否产生液化。

3 爆破涌浪。以大坝或堤坝允许超过设计的水头高度为准，分析涌浪对大坝、堤防的危害。

13.0.5 应采用统计法提出监测量的传播规律，并随监测资料的累积适时修正。

13.0.6 爆破影响深度声波检测法破坏判据（见表 13.0.6）。

声波检测法判断爆破破坏或基础岩体质量的标准，以同部位的弹性波纵波的爆后波速（ C_{P2} ）与爆前波速（ C_{P1} ）的变化率 η 来衡量，爆破后弹性纵波波速变化率 η 按下式计算：

$$\eta = [1 - (C_{P2} / C_{P1})] \times 100\% \quad (13.0.6)$$

式中：

η ——爆破后纵波波速变化率，%；

C_{P2} ——爆破后的纵波波速，m/s；

C_{P1} ——爆破前的纵波波速，m/s。

表 13.0.6 爆破影响深度声波检测法判断标准

爆破后纵波波速变化率 %	破坏情况
$\eta \leq 10$	爆破破坏甚微或未破坏
$10 < \eta \leq 15$	爆破破坏轻微
$\eta > 15$	爆破破坏

13.0.7 当测试数据超过相应的控制标准时，应在 24h 内报告相关部门。依据监测频度的不同，一般以旬报或月报形式发送报告。现场监（检）测工作结束后，应提交监（检）测成果分析报告。

13.0.8 监测简报要求参见附录 G。

附 录 A
(规范性附录)
工程爆破安全监测分类表

表 A.1 高边坡爆破安全监测分类表

序号	监测项目	监测需求	监测周期
1	宏观调查	√	规模以上爆破或 4~5 次 / 月
2	质点振动速度	√	规模以上爆破或 4~5 次 / 月
3	质点振动加速度	△	按需要
4	动应变	△	按需要
5	爆破影响深度	√	每一马道和坡面

注 1: 有“√”者为必测项目, 有“△”者为选测项目, 可根据需要选设;
注 2: 对必测项目, 如有因工程实际情况难以实施, 应报上级主管部门批准后续设或免设;
注 3: 应选择 2~3 个与静态监测一致的典型断面;
注 4: 高边坡和坝基开挖, 一般规定单次爆破总装药量 5t 以上为规模爆破。

表 A.2 围堰拆除爆破安全监测分类表

序号	监测项目	邻近建筑物	邻近高边坡	邻近钢结构
1	宏观调查	√	√	√
2	质点振动速度	√	√	√
3	质点振动加速度	√	△	√
4	动应变	△	△	√
5	水击波及动水压力	△	△	√
6	涌浪	△		

注 1: 有“√”者为必测项目, 有“△”者为选测项目, 可根据需要选设;
注 2: 对必测项目, 如有因工程实际情况难以实施, 应报上级主管部门批准后续设或免设。

表 A.3 基坑开挖爆破安全监测分类表

序号	监测项目	保护对象类别		监测周期	
		上石围堰	建基面	上石围堰	建基面
1	宏观调查	√	√	规模以上爆破或 4~5 次/月	
2	质点振动速度	√	√	规模以上爆破或 4~5 次/月	
3	质点振动加速度	△	△	按需要	按需要
4	动孔隙水压力	√		规模以上爆破 或 4~5 次/月	
5	爆破影响深度		√		1.5 孔/100m ²

注 1: 有“√”者为必测项目, 有“△”者为选测项目, 可根据需要选设;
注 2: 对必测项目, 如有因工程实际情况难以实施, 应报上级主管部门批准后续设或免设;
注 3: 应选择 2~3 个与静态监测一致的典型断面。

表 A.4 地下厂房开挖爆破安全监测分类表

序号	监测项目	监测对象			监测周期		
		高边墙	岩锚梁	相邻洞	高边墙	岩锚梁	相邻洞
1	宏观调查	√	√	△	规模以上爆破 或 4~5 次/月		按需要
2	质点振动速度	√	√	△	规模以上爆破 或 4~5 次/月		按需要
3	质点振动加速度	△	△	△	按需要	按需要	按需要
4	动应变	△	△	△	按需要	按需要	按需要
5	爆破影响深度	√	√	△	1.5 孔/100m ²		按需要

注 1: 有“√”者为必测项目, 有“△”者为选测项目, 可根据需要选设;
注 2: 对必测项目, 如有因工程实际情况难以实施, 应报上级主管部门批准后续设或免设;
注 3: 选择 2~3 个与静态监测一致的典型断面;
注 4: 地下工程开挖, 一般规定单次爆破总装药量 1t 以上为规模爆破。

表 A.5 改、扩建工程开挖爆破安全监测分类表

序号	监测项目	邻近建筑物	邻近高边坡	邻近机电设备
1	宏观调查	√	√	√
2	质点振动速度	√	√	√
3	质点振动加速度	√	△	√
4	动应变	△	△	
5	水击波及动水压力	△	△	
6	涌浪	△		

注 1: 有“√”者为必测项目, 有“△”者为选测项目, 可根据需要选设;
注 2: 对必测项目, 如有因工程实际情况难以实施, 应报上级主管部门批准后续设或免设。

附 录 B
(资料性附录)
爆破宏观调查记录表

表 B.1 爆破宏观调查记录表 (陆地爆破)

爆破编号		起爆时间		天气	
工程部位		爆破部位	X: Y:	H:	
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		总装药量		最大单段药量	
防护措施				堵塞长度	
测点部位	记录仪编号	传感器编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、空气超压等)	
噪声感觉	难受	可以忍受	一般	建筑 (保护) 物	爆破飞石
本人					
旁人					
备注					
测点部位	记录仪编号	传感器编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、空气超压等)	
噪声感觉	难受	可以忍受	一般	建筑 (保护) 物	爆破飞石
本人					
旁人					
备注					
测点部位	记录仪编号	传感器编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、空气超压等)	
噪声感觉	难受	可以忍受	一般	建筑 (保护) 物	爆破飞石
本人					
旁人					
备注					

记录:

校核:

页码:

表 B.2 爆破宏观调查记录表 (水下爆破)

爆破编号		起爆时间		天气	
工程部位		爆破部位	X: Y:	H:	
爆破类型		炸药品种		炸药入水深度	
钻孔直径		炸药直径		孔数	
孔深		孔距		排距	
单孔药量		总装药量		最大单段药量	
防护措施				堵塞长度	
测点部位	记录仪 编号	一次仪表 编号	传感器 编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、 水中超压等)
水中生物				船舶	爆破涌浪
死亡		击昏		无影响	
备注					
测点部位	记录仪 编号	一次仪表 编号	传感器 编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、 水中超压等)
水中生物				船舶	爆破涌浪
死亡		击昏		无影响	
备注					
测点部位	记录仪 编号	一次仪表 编号	传感器 编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、 水中超压等)
水中生物				船舶	爆破涌浪
死亡		击昏		无影响	
备注					
测点部位	记录仪 编号	一次仪表 编号	传感器 编号	爆心距	速度 (加速度、噪声、 水中超压等)
水中生物				船舶	爆破涌浪
死亡		击昏		无影响	
备注					

记录:

校核:

页码:

表 B.3 爆破宏观调查记录表（孔隙动水压力）

爆破编号		起爆时间		天气	
工程部位		爆破部位	X: Y:	H:	
爆破类型		炸药品种		炸药入水深度	
钻孔直径		炸药直径		孔数	
孔深		孔距		排距	
单孔药量		总装药量		最大单段药量	
防护措施				堵塞长度	
测点部位	记录仪 编号	一次仪 表编号	传感器编 号	爆心 距	孔隙动水压力（峰压、持续 时间等）
渗漏	裂缝		沉陷	滑移	管涌
备注					
测点 部位	记录仪 编号	一次仪 表编号	传感器 编号	爆心 距	孔隙动水压力（峰压、持续 时间等）
渗漏	裂缝		沉陷	滑移	管涌
备注					
测点 部位	记录仪 编号	一次仪 表编号	传感器 编号	爆心 距	孔隙动水压力（峰压、持续 时间等）
渗漏	裂缝		沉陷	滑移	管涌
备注					
测点 部位	记录仪 编号	一次仪 表编号	传感器 编号	爆心 距	孔隙动水压力（峰压、持续 时间等）
渗漏	裂缝		沉陷	滑移	管涌
备注					

记录:

校核:

页码:

附 录 C
(资料性附录)
爆破安全监测记录表

表 C.1 爆破振动及噪声监测记录表

起始时间	年 月 日 时 分 秒				天气				
爆破位置	X=		Y=		H=				
爆破参数	孔数:		孔深:		孔距:		排距:		
	单孔装药量:		最大段药量:		总装药量:				
	孔内雷管:		孔间雷管:		排间雷管:		分段数:		
监 测 数 据	测点号 (位置)	爆心 距	仪器 编号	水平切向振 速 (加速度)	频 率	竖 直 向 振 速 (加速度)	频 率	水 平 径 向 振 速 (加速度)	频 率
		X= Y= H=		合速度	最大位移	最大加速度	相应频率		
				爆破噪声压强值		dB 值		相应频率	
	测点号 (位置)	爆心 距	仪器 编号	水平切向振 速 (加速度)	频 率	竖 直 向 振 速 (加速度)	频 率	水 平 径 向 振 速 (加速度)	频 率
		X= Y= H=		合速度	最大位移	最大加速度	相应频率		
				爆破噪声压强值		dB 值		相应频率	
	测点号 (位置)	爆心 距	仪器 编号	水平切向振 速 (加速度)	频 率	竖 直 向 振 速 (加速度)	频 率	水 平 径 向 振 速 (加速度)	频 率
		X= Y= H=		合速度	最大位移	最大加速度	相应频率		
				爆破噪声压强值		dB 值		相应频率	
	测点号 (位置)	爆心 距	仪器 编号	水平切向振 速 (加速度)	频 率	竖 直 向 振 速 (加速度)	频 率	水 平 径 向 振 速 (加速度)	频 率
		X= Y= H=		合速度	最大位移	最大加速度	相应频率		
				爆破噪声压强值		dB 值		相应频率	

记录:

校核:

页码:

表 C.2 爆破动应变（孔隙动水压力、水击波、
动水压力）监测记录表

起始时间	年 月 日 时 分 秒			天气	
爆破位置	X=		Y=	H=	
爆破参数	孔数:	孔深:	孔距:	排距:	
	单孔装药量:	最大段药量:	总装药量:		
	孔内雷管:	孔间雷管:	排间雷管:	分段数:	
监 测 数 据	测点号 (位置)	爆心距	一次仪表 编号	记录仪器 编号	动应变(孔隙动水压力、 水击波、动水压力)
		X= Y= H=			
	测点号 (位置)	爆心距	一次仪表 编号	记录仪器 编号	动应变(孔隙动水压力、 水击波、动水压力)
		X= Y= H=			
	测点号 (位置)	爆心距	一次仪表 编号	记录仪器 编号	动应变(孔隙动水压力、 水击波、动水压力)
		X= Y= H=			
	测点号 (位置)	爆心距	一次仪表 编号	记录仪器 编号	动应变(孔隙动水压力、 水击波、动水压力)
		X= Y= H=			
	测点号 (位置)	爆心距	一次仪表 编号	记录仪器 编号	动应变(孔隙动水压力、 水击波、动水压力)
		X= Y= H=			

记录:

校核:

页码:

附 录 D

(资料性附录)

爆破振动传播规律统计分析方法

- D.1** 测试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。
- D.2** 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。
- D.3** 在同一高程的爆破质点振动速度传播规律,按下式进行回归整理:

$$v = K(Q^{1/3} / R)^\alpha \quad (\text{D.1})$$

式中:

v ——质点振动速度, 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, kg;

R ——测点至爆源的距离, m。

- D.4** 高边坡上的爆破质点振动速度传播规律,按下式进行回归整理:

$$v = K(Q^{1/3} / R)^\alpha \cdot (Q^{1/3} / H)^\beta \quad (\text{D.2})$$

$$\text{或 } v = K(Q^{1/3} / R)^\alpha e^{\beta H} \quad (\text{D.3})$$

式中:

H ——边坡测点至爆源的高差, m;

R ——测点至爆源的水平距离或在介质中的传播距离, m;

β ——与爆区至测点间的地形、地质条件有关的衰减指数。
其余符号意义同前。

附录 E
(规范性附录)
爆破安全允许标准

E.1 爆破振动安全允许标准:

表 E.1 爆破振动安全允许标准

序号	保护对象类型		安全允许振速 cm/s		
			<10Hz	10Hz~50Hz	50Hz~100Hz
1	一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物		2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
2	钢筋混凝土结构房屋		3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
3	一般古建筑与古迹		0.1~0.3	0.2~0.4	0.3~0.5
4	水工隧洞		7~15		
5	交通隧洞		10~20		
6	水电站及发电厂中心控制室设备		0.5		
7	新浇大体积混凝土龄期 d	初凝~3	2.0~3.0		
		3~7	3.0~7.0		
		7~28	7.0~12.0		
注 1: 表列频率为主振频率, 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。选取频率时亦可参考下列数据: 洞室爆破小 20Hz, 深孔爆破 10 Hz~60 Hz、浅孔爆破 40 Hz~100 Hz; 注 3: 选取建筑物安全允许振速时, 应综合考虑建筑物的重要性、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。					

E.2 灌浆及预应力锚杆(索)爆破振动安全允许标准:

表 E.2 灌浆及预应力锚杆（索）爆破振动安全允许标准

项 目	安全允许振速 cm/s			备 注
	龄期: 3d	龄期: 3d~7d	龄期: 7d~28d	
坝基帷幕灌浆	1.0	1.5	2~2.5	含坝体接缝灌浆
预应力锚索 (杆)	1.0	1.5	5~7	不含临时锚杆

E.3 砂质地基的爆破安全性应同时满足安全允许振动速度和孔隙动水压力的要求。主要类型的砂质地基的爆破安全允许标准如下：

挡水堤坝：允许振速为 5cm/s 时，允许孔隙动水压力为 220kPa。

E.4 地下爆破作业点有害气体允许浓度：

表 E.4 地下爆破作业点有害气体允许浓度

有害气体名称		CO	N _n O _m	SO ₂	H ₂ S	NH ₃	Rn
允许 浓度	按体积 %	0.00240	0.00025	0.00050	0.00066	0.00400	3700Bq/m ³
	按质量 mg/m ³	30	5	15	10	30	

E.5 爆破空气冲击波超压的安全允许标准：对人员为 2000Pa；在城镇中，爆破噪声声压级安全允许标准为 120dB，所对应的超压为 20Pa。

爆破噪声声压级与实测超压的换算：

$$L_p = 20 \lg (P/P_0) \quad (\text{E.1})$$

式中：

L_p ——声压级，dB；

P ——实测超压， μPa ；

P_0 ——基准声压，20 μPa 。

附 录 G
(资料性附录)
爆破安全监测简报要求

G.1 爆破安全监测简报格式:

××工程爆破安全监测

(合同编号:)

监测×报

(第 期)

监测单位: ×××

(监测时间: 年 月 日~ 年 月 日)

G.2 爆破监测简报内容：

G.2.1 概述：简述监测时间及部位。

G.2.2 爆破安全监测数据：应包括爆破监测数据及相应的爆破参数。

G.2.3 宏观调查：实测数据超过爆破安全允许标准时，应详细描述宏观调查情况。

G.2.4 监测数据分析：对监测数据进行分析，必要时进行爆破振动传播规律统计分析。

G.2.5 结论与建议：对监测成果进行反馈，并对爆破设计和施工提出相应建议。

水电水利工程爆破安全 监 测 规 程

条 文 说 明

目 录

1	范围	41
3	术语和定义	42
4	总则	43
5	爆破安全监测设计	46
6	宏观调查与巡视检查	50
7	爆破质点振动监测	51
8	爆破动应变监测	53
9	爆破孔隙动水压力监测	54
10	爆破水击波、动水压力及涌浪监测	55
11	爆破有害气体、空气冲击波及噪声监测	56
12	爆破影响深度检测	57
13	成果整理、分析与简报	58

1 范 围

本标准适合于大中型水电水利工程地面、地下、水下岩土开挖以及废旧建筑物拆除等工程的爆破安全监测。

公路、铁路、航道及城市废旧建筑物拆除等工程的爆破安全监测可参照执行。

3 术语和定义

3.0.19 校准是对仪器测量系统工作参数反应灵敏度的校正。校准工作应定期进行（一般为一年），校准结束后，出具校准证书或校准报告。重要的爆破监测前，还应对监测仪器的灵敏度及频率响应范围进行校准。

4 总 则

4.0.1 一般水电水利工程爆破施工的保护对象有：坝基、边坡、坝肩、坝体、输水与泄水建筑物、地下工程结构和设备，以及对水库安全运行有重大影响的近坝区岸坡等水工建（构）筑物。

4.0.2 水电水利工程爆破安全监测的主要对象是水工建（构）筑物及其基础，当爆区周围有工业与民用建筑物时，还应对其他需保护对象进行监测，如：房屋、重要设备等。

4.0.3 爆破安全监测除采用仪器监（检）测外，还应选择一定范围同时进行宏观调查。调查内容包括：原有裂隙及其变化、有无新裂隙产生、观测对象有无明显变化等。

4.0.4 对于重要的爆破或重点保护对象每次爆破均应进行跟踪监测：一般情况可定期进行监测，如规定每周或每月监测次数。

4.0.5

1 测点布置既要能较全面地反映工程开挖爆破的影响，又要能突出重点，做到少而精。利用静态监测断面，既能收集爆破影响观测资料，又便于动静资料对比分析。

2 测试设备应可靠、耐久、经济、实用并力求先进。

3 监测设备按设计要求安装和埋设完毕，应绘制竣工图、填写记录表等，存档备查。

4.0.6 除险加固、扩建、改建及大型工程爆破安全监测工作宜按三个阶段进行；中型工程爆破安全监测工作宜按招标设计及施工两个阶段进行。各阶段的爆破安全监测宜按以下要求：

1 可行性研究阶段：在安全监测系统的总体设计专题中提出爆破安全监测系统的设计子题、主要监测仪器及设备的数量；监测系统的工程概算。

2 招标设计阶段：提出爆破安全监测系统设计文件，包括爆

破监测系统布置图、监测仪器设备清单、各监测仪器设备的安装技术要求、测次要求及工程预算等。

3 施工阶段：应根据监测系统设计文件，提出实施计划；做好仪器设备的校准、埋设、安装、调试和保护；固定专人进行监测工作，并应保证监测设施完好及监测数据准确、完整。工程竣工验收时，应将监测设施和竣工图、埋设记录和施工期监测记录，以及整理、分析记录等全部资料汇编成正式文件，移交有交部门。

4.0.8 同时监测，所测数据可相互对比分析，更有利于爆破安全监测成果评价。各项监测应使用标准记录表格，认真记录、填写，严禁涂改、损坏和遗失。监测数据应随时整理和分析，如有超过控制标准的安全允许，应及时反馈有关单位。

4.0.9 在敏感区附近进行爆破施工时，应对重点部位的有关项目加强监测，并进行巡视检查和宏观调查。

4.0.10 监测仪器在使用或运输过程中，某些部件可能会发生变化，某些电子元件的性能也会随时间增加发生某些改变，因此可能会引起仪器灵敏度或频率响应范围的变化，故振动监测系统、声波测试系统等应定期送具有检测资质的部门校准；动应变测试系统还应在现场进行系统内部校准，校准时的环境条件应与测试时一致。

4.0.11 测试环境温度和湿度应在仪器的允许范围内。

4.0.12 司法鉴定用的记录设备应在记录测试电信号的同时，在显示屏上显示实测到的最大值，供参与鉴定的各方实时了解情况，保证实测数据的公正性。

4.0.13 承担爆破安全监测的承包人，应符合下列条件：

1 承担 DL 5180—2003 规定的大(2)型以上工程或 GB 6722—2003 规定的 B 级以上爆破安全监测项目的承包人，应持有国家计量局颁发的《计量认证证书》；承担其他爆破安全监测项目的承包人应持有省级计量局颁发的《计量认证证书》。《计量认证证书》核定的检测范围应包括爆破安全监测的有关内容。

- 2 经工商部门注册的企业（事业）法人。
- 3 有同时持有《爆破工程技术人员安全作业证》和《检（监）测上岗证》的技术人员。
- 4 不宜为该项工程的爆破设计或施工承包人。

5 爆破安全监测设计

5.2 高边坡及建筑物基础开挖爆破安全监测设计

5.2.1 采用速度反应谱进行数值分析时，可不进行质点振动加速度监测。

5.2.2 高边坡和建筑物基础开挖，一般规定单次爆破装药量在 5t 以上的为规模爆破。规模以上爆破区附近无重点监测断面时，应在爆区附近布置随机监测断面。

5.2.3 开挖区附近有陡边坡、堆积体等不良地质区，经估算爆破对其可能产生危害时，应布置重点监测断面。开挖区附近的边坡体内有地下洞室，经估算爆破对其可能产生危害时，宜在距离爆区最近洞壁上离底板约 $1/3$ 洞高处布置相应测点。

5.2.4 表面测点布置在距离爆区最近的不同高程马道上，一般为 3~5 点，内部测点宜布置在距离坡面 3m~8m 的山体中，测点布置示意图见图 1。

5.2.5 一般每组声波观测孔数为 3 孔且呈三角形布置，孔间距 1m~2m，孔深根据检测目的确定。

5.2.6 一般爆破可能影响邻近新浇大体积混凝土质量时，宜在新浇混凝土距离爆区基岩最近处布置质点振动速度测点。喷锚支护及特殊要求部位的测点，宜布置在与它们紧邻的基岩上。

5.2.7 爆破振动传播规律测量的测点布置，宜近密远疏，满足回归分析需要。所有测点应安置在完整的基岩上。

5.3 地下工程开挖爆破安全监测设计

5.3.2 地下工程开挖，一般规定单次爆破装药量在 1t 以上的为规模爆破。规模以上爆破区附近无重点监测断面时，应在爆区附近

布置随机监测断面进行监测。

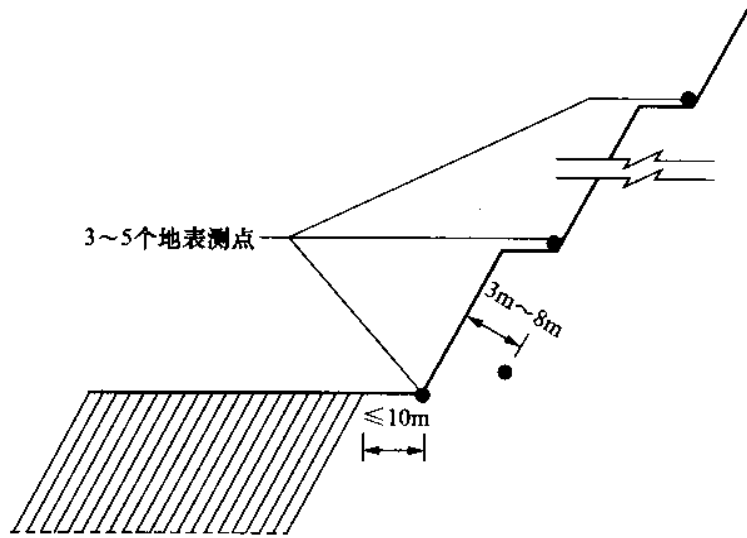


图 1 高边坡振速监测点布置示意图

5.3.3 除中导洞开挖外，地下厂房开挖的测点应布置在高边墙上的不同高程处，一般为 3~5 个测点，分别布置在：岩锚梁、距离爆区 10m 范围内的后冲向及爆区上部的边墙上，测点布置示意图见图 2。

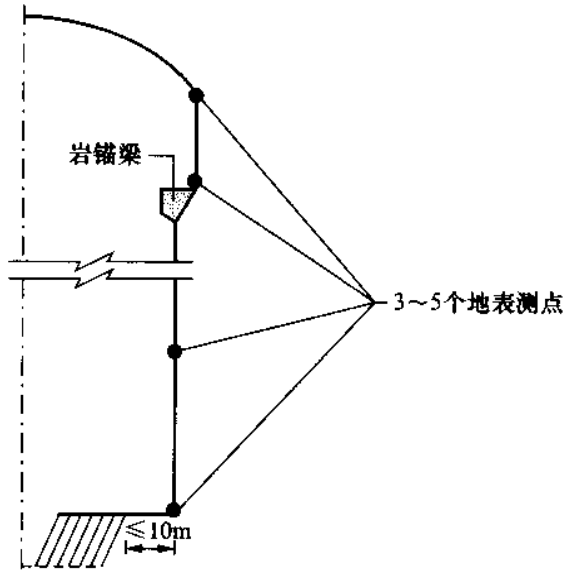


图 2 地下洞室振速监测点布置示意图

5.3.4 同 5.2.5 款说明。

5.3.5 洞间距指两相邻洞壁间的最小直线距离。当洞间距大于 2 倍平均洞径时，可只对较大洞径的隧洞受邻洞爆破的影响进行监测。

5.3.7 同 5.2.7 款说明。

5.4 岩塞爆破和围堰拆除爆破安全监测设计

5.4.1 本标准将混凝土围堰、预留挡水岩埂通称为围堰。在岩塞爆破和围堰拆除爆破实施前，有条件进行爆破试验时，应测试爆破振动传播规律，用于正式爆破时预估各监测点的振动值。

5.4.2 围堰爆破的近区水域中既可能产生水击波又可能产生动水压力，只是它们的波速大小、频率高低及峰值大小等不同，可按估算的水击波参数选择传感器及记录设备。

5.4.3 采用下闸挡水爆破时，宜估算出可能产生最大应力的范围，在相应的部位布置动应变测点。

5.5 水电站扩机开挖爆破安全监测设计

5.5.1 一般水电站扩机开挖项目，应在设计阶段进行场地爆破地震效应试验、获得爆破振动传播规律，供投标人编制标书时参考。在监测初期，可布置测点，对招标文件中提供的爆破振动传播规律进行复核和修正，指导爆破施工。

5.6 水下开挖爆破安全监测设计

5.6.1 水下爆破产生的水击波超压对水中生物将产生不利影响，如：死亡、瞬时昏迷、繁殖率降低等，可通过监测爆破产生水击波超压进行监控。

5.6.2 水下爆破引起岸坡和建筑物的振动，一般为水击波传至岸边激起的高频振动（约数百赫兹量级）和地震引起的低频（约数十赫兹量级）。在选择测量仪器时应注意频带范围。当爆破规模

较大时，考虑涌浪监测。

5.6.3 一般饱和度大于 95% 的沙土在振动荷载作用下存在液化可能性，需对此类基础的土质岸坡进行监测。

5.7 其他开挖爆破安全监测设计

5.7.1 爆区周围有大量保护对象时，可对保护对象进行分类，根据保护对象的重要性、结构特征、距离爆区的远近等布置测点。保护对象类型遵照附录 E 中的表 E.1 进行分类。一般对于同一类型的保护对象可选择在距离爆区最近处的建筑物基础布置监测点，经调查由于地质、地形等原因，在较远处可能产生更大危害时，还应增加测点。

5.7.2 料场等开挖爆破形成的边坡高度在 50m 以下的，宜进行爆破质点振动速度监测；形成的边坡高度 50m 以上、坡度 55° 以上的，应进行爆破质点振动速度监测

5.7.3 基坑开挖爆破对挡水土石围堰安全有影响时，测点一般布置在临基坑的背水侧围堰体内，同一测点应同时布置质点振动及孔隙动水压力传感器。

5.7.4 爆破对附近工业或民用建筑物有影响时，应进行爆破振动监测，必要时还应进行噪声及飞石等有害效应监测。

6 宏观调查与巡视检查

6.0.1 巡视检查是对爆区周围的保护对象进行大范围查看；宏观调查是有针对性地对保护对象进行爆破前后对比观察。

6.0.6 应根据宏观调查与巡视检查结果，并对照仪器监测成果，评估保护对象受爆破影响的程度。

1 测量不确定度指设备的测试误差。

2 基岩经固结灌浆后声波波速、透水率等指标可满足基础验收要求。

6.0.7 爆破噪声、振动对人员的影响程度一般分三级：无影响：爆破振动和噪声未对人们的生活和工作带来不利影响；心理影响：爆破振动和噪声使人们产生惊吓感觉，可能引起少量心脏病、老年人慢性病复发；生理影响：爆破超压引起人们耳鸣、耳聋等危害。爆破有害影响对动物影响程度分三级：无影响；轻微影响：惊吓，或昏厥；严重影响：残疾或死亡。

7 爆破质点振动监测

7.0.2

1 表 7.0.2 中的频率范围是根据大量实测资料统计而来，实践中可根据爆破类型、测点的远近，选择不同类型的传感器。

2 一个周期振动需至少采样 12 点，才能较真实地反映被测物理量的特征，因此，记录设备的采样频率应大于 12 倍被测物理量的可能最高主振频率。

3 传感器和记录设备均有量程范围，当被测物理量预估幅值超过测试系统量程时，应采取措施对传感器的输出信号进行衰减，或选择其他能满足要求的设备。

4 屏蔽电缆可降低干扰信号，质点振动加速度传感器输出的是电荷信号，测试时必须采用专用屏蔽电缆。

7.0.3

2 当只布置两个方向的传感器时，一般布置竖直向和水平径向；根据工程经验，也可在可能产生较大振动的两个方向上布置传感器，如：相邻洞或本洞爆破时，可只在沿洞轴和垂直于洞壁两个水平方向上布置传感器。

3 爆破振动传播规律测试时，测点至爆源的距离，可根据爆破规模参考已有经验公式估算；每一测点宜布置竖直向、水平径向和水平切向三个方向的传感器。

7.0.4

2 宜用石膏、螺栓、水泥砂浆或水玻璃等材料，把速度传感器固定在监测部位。

3 原配在传感器上的长螺杆是经过专门设计，全部插入砂土中才能满足测试要求。

4 在传感器安装过程中，安装角度偏差大，将影响测试的精

度。

- 5 声阻抗是指材料的声波速度值与其密度值的乘积。

7.0.5

- 2 自触发设置值一般为顶估峰值的 $1/10 \sim 1/100$ 。
- 4 满足多测点同步测试的要求。

8 爆破动应变监测

8.0.1

1 根据应变波频率范围可按下式确定其长度： $L \leq C$ （波速）/ f （应变波频率）；用于混凝土测试的应变片长度宜大于 2 倍最大骨料粒径，可减小由于骨料粒对监测结果的影响。

2 同第 7.0.2 条第 2 款说明。

3 用于爆破动应变测量的动态应变仪的频响范围宜为：0～100kHz。

8.0.2

1 高边坡开挖爆破的测点宜布置在开挖区后冲向，距爆区 100 倍爆破孔孔径以内的边坡体中；坝基开挖爆破的测点宜布置在开挖区的底部，距离爆区 30 倍爆破孔孔径以内的岩体中；结构物表面测点宜布置在可能变形最大的部位。

8.0.3

1 在结构表面进行监测时，经防潮处理后，测点的绝缘电阻应大于 $100M\Omega$ ，应变片长轴方向应与测试方向一致。

2 在结构体内进行监测时，应变元件一般为：应变砖、应变梁或应力环等。

9 爆破孔隙动水压力监测

9.0.1

1 基坑开挖爆破施工期应对大型水电站土石围堰进行孔隙动水压力监测，洪水期应加强监测。距河堤 50m 范围内的航道疏浚爆破，或经估算可能造成土堤边坡滑移时，应进行孔隙动水压力监测。

9.0.2 封孔段长度，应符合设计。在孔隙动水压力传感器埋设与封孔过程中，一旦发现仪器测头与连接电缆损坏，必须及时处理或重新埋设。

9.0.3

1 在近区监测断面需沿不同高程（深度）布置 2~3 个点，所有测点均应埋入饱和土层内。

2 一般基础下部的埋设深度不超过 15m。

10 爆破水击波、动水压力及涌浪监测

10.1 爆破水击波及动水压力监测

10.1.1 在重要的水工建筑物、港口、堤防及水产养殖场附近或其他复杂环境中进行水下爆破、水下拆除爆破、水下岩塞爆破、围堰（预留岩埂）水下爆破、航道疏浚爆破、水下开挖爆破、水下压实爆破等作业，应进行水击波及动水压力的监测。

10.1.2 如自制水击波传感器，应选用侧向效应很小的材料，如：天然碧玺宝石或人造的锆钛锡酸铅等。

10.1.3 在距建筑物约 0.2m 的迎水面处布置测点，这样既能避免反射波的干扰，同时又能测得反射波的速度。

10.2 爆破涌浪监测

10.2.1 在水工建筑物、堤防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，必须进行涌浪观测。

10.2.3 涌浪压力监测仪器应具有较高的灵敏度，测试精度应达到 0.001MPa，记录时间不宜小于 1min。

11 爆破有害气体、空气冲击波及噪声监测

11.1 爆破有害气体监测

11.1.2 爆破炸药量增加、更换炸药品种或施工方法、施工条件发生改变时，应在爆破前后测定爆破有害气体浓度。

11.1.3 采用便携式智能有毒气体检测仪检测时，应配置与检测项目有关的即插即用型智能化电化学传感器。

11.2 爆破空气冲击波及噪声监测

11.2.1 一般爆破空气冲击波及噪声与质点振动测试传感器布置在同一测点，由同一台记录仪记录。

11.2.2 由于敏感建筑物或需保护区域方位不同，对于同一次爆破，可同时选择几个测点。

12 爆破影响深度检测

12.0.1 作为被测介质（如基础、围岩等）的质量检查与验收，以及制定合理爆破参数的依据，应进行爆破影响深度检测。

声波法：采用跨孔、同孔穿透法测定纵波速度；钻孔电视：采用录像，记录和观察爆破裂隙的情况；钻孔压（注）水试验法：测定爆破前后的单位吸水量或渗透量变化情况。

12.0.2 爆破对岩体的破坏主要是对结构面的破坏，测孔应布置在典型结构面两侧，测试不同深度同一结构面对声波速度的影响。同一类爆破参数和介质中宜布置 1~2 组测孔，当爆破参数和介质改变时应增加测孔组数。每组宜布置 3 孔，宜呈正三角形布置，每对孔孔距应根据声波仪换能器发射能量确定，一般不小于 1m。

12.0.3

1 声波检测设备宜采用岩石声波参数测定仪（发射频率 35kHz~50kHz）；同孔测量采用柱状一发二收换能器，穿透测量采用柱状增压式换能器。同组测孔中可选择 1~3 孔进行同孔声波测试。测试声波振幅衰减时，爆破前后声波测试的发射能量应相同。

3 一般以同点爆破前后声波值进行对比，当无法进行爆前测试时，宜与孔底稳定波速对比。

12.0.6

2 向上测孔可选择干孔专用换能器。

3 当两孔轴线不平行时，应测量钻孔的倾角和方位角，计算不同深度处两测点间的距离，据此对测试结果进行校正。

4 测试前应测定仪器与换能器系统的零延时，并将波形显示屏上的时标关门信号调至纵、横波初至位置，测读声波传播时间，对智能化声波仪也可利用自动关门装置测读声波传播时间。

13 成果整理、分析与简报

13.0.4 爆破安全允许标准应依据被保护对象的结构形式、爆破规模及方式、距离爆源的相对位置等遵照附录 E 提出。附录 E 未做规定者，应通过试验研究或工程类比等方法确定。

1 将动应变值换算成动应力值，应依据被测结构的材料参数以及结构的受力形式进行换算。

2 质点振动产生的动应力与孔隙动水压力按最不利情况进行叠加（绝对值相加），与允许动应力进行对比。

3 多次监测爆破药量和涌浪的相关关系，作为该工程条件下校核涌浪的依据。

13.0.6 若只在爆后观测，可用观测部位附近原始状态的波速作为爆前波速。爆破破坏轻微的岩体经固结灌浆后声波波速可提高 5% 以上，固结灌浆后岩体的波速较爆破前变化率将小于 10%。

13.0.7 当监测期超过一年时，应按年度编写监测年报。
