

ICS 13.100

DL/T 5333-2005: 水电水利工程爆破安全监测规程

P 09

备案号: J494—2006

DL

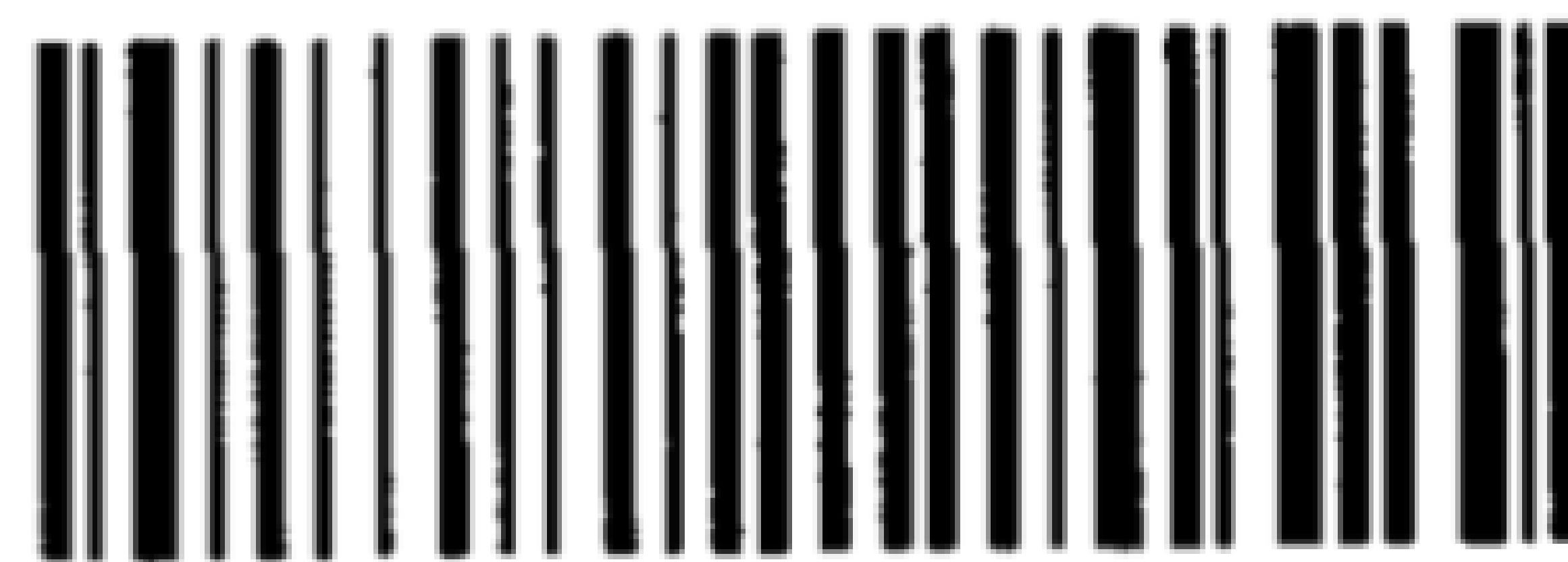
中华人民共和国电力行业标准

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**



060808000017

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、张文煊、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，按近密

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,并同时进行监测。

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 $1/3 \sim 1/2$ 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	
		土石围堰	建基面	土石围堰	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
<p>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缓设或免设; 注 3: 应选择 2~3 个与静态监测一致的典型断面。</p>					

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
<p>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。</p>							

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.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 ₂ 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：

$$L_p=20lg \left(P/P_0 \right) \tag{E.1}$$

式中：

L_p ——声压级，dB；

P ——实测超压，μPa；

P_0 ——基准声压，20μPa。

附录 F

(资料性附录)

爆破影响深度声波参数测试记录表

表 F 爆破影响深度声波参数测试记录表

[illegible]

测试:

记录:

校核:

页码:

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。

中华人民共和国电力行业标准
水电水利工程爆破安全监测规程
DL/T 5333 — 2005

*

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
航远印刷有限公司印刷

*

2006年4月第一版 2006年4月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 1.875印张 48千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·1422 定价 9.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究
(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)