ICS 27.140
P 59
备案号：J713—2007

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5389 — 2007

水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范

Construction technical specifications on rock-foundation excavating engineering of hydraulic structures

2007-07-20发布　　2007-12-01实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会　发布

BJGD

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　地质 …… 7
6　测量 …… 8
7　开挖 …… 10
8　钻孔爆破 …… 11
9　爆破试验 …… 16
10　施工期安全监测 …… 17
11　临时支护 …… 18
12　排水和出渣运输 …… 19
13　基础检查处理与验收 …… 20
附录 A（规范性附录）　爆破安全允许标准 …… 22
附录 B（资料性附录）　质点振动速度传播规律的经验公式 …… 24
附录 C（资料性附录）　判断爆破影响或基础岩体开挖质量的标准 …… 25
条文说明 …… 27

BJGD

前　言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发2006年行业标准项目计划的通知》（发改办工业［2006］1093号）的安排制定的。

近年来，我国水电水利工程岩石基础开挖施工技术取得很大进展，大规模毫秒延时起爆网路（络）、采用预裂爆破或光面爆破实施保护层一次爆除等技术，以及施工期爆破安全监测和爆破试验的广泛应用，为提高水工建筑物岩石基础开挖质量，加快施工进度提供了技术保障。

本标准的编制是为了进一步规范水工建筑物岩石基础开挖施工，确保岩石基础爆破开挖质量和加快施工进度。在编制过程中总结了水电水利工程施工经验及新技术，广泛征求了有关单位及专家的意见，并参考了SDJ 211—1983《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》的有关内容。

本标准对水工建筑物岩石基础开挖的各环节均作出了明确规定。

本标准的主要技术内容包括：水电水利工程岩石基础开挖中的地质、测量、开挖、钻孔爆破、爆破试验、施工期安全监测、临时支护、排水和出渣运输、基础检查处理与验收等。

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。

本标准负责起草单位：长江水利委员会长江科学院。

本标准参加起草单位：长江水利委员会长江勘测规划设计研究院、武警水电指挥部、中国水电建设集团闽江工程局、中国葛洲坝集团公司、水利部岩土力学与工程重点实验室。

BJGD

本标准主要起草人：张正宇、吴新霞、赵根、陈敦科、梅锦煜、吴澄、文德钧、张文煊、倪锦初、刘立新、王文飞、张孝军、刘美山。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市宣武区白广路二条一号，100761）。

BJGD

1 范　围

本标准规定了水工建筑物岩石基础开挖的技术要求、施工方法、施工质量检验与验收。

本标准适用于大、中型水电水利工程水工建筑物岩石基础开挖工程施工，其他工程可参照执行。

BJGD

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 6722 爆破安全规程

GB 50218 工程岩体分级标准

GB 50287 水利发电工程地质勘察规范

DL/T 5099 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范

DL/T 5109 水电水利工程施工地质规程

DL/T 5113.1 水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准第1部分：土建工程

DL/T 5135 水电水利工程爆破施工技术规范

DL/T 5173 水电水利工程施工测量规范

DL 5180 水电枢纽工程等级划分及设计安全标准

DL/T 5181 水电水利工程锚喷支护施工规范

DL/T 5333 水电水利工程爆破安全监测规程

DL/T 5368 水电水利工程岩石试验规程

SL 60 土石坝安全监测技术规范

BJGD

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1

建基面 foundation surface

与水工建筑物直接相连的基岩面。

3.0.2

保护层 protective layer

为防止爆破对建基面或保留岩体造成破坏或不利影响，在紧邻建基面或保留岩面所预留的一定厚度岩体。

3.0.3

单级边坡 single-step slope

设计边坡往往由多级边坡组成，相邻两个马道之间的边坡称为单级边坡。

3.0.4

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。

3.0.5

预裂爆破 presplitting blasting

沿开挖边界布置密集爆破孔，采取不耦合装药或装填低威力炸药，在主爆区之前起爆，从而在爆区与保留区之间形成预裂缝，以减弱主爆破对保留岩体的破坏并形成平整轮廓面的爆破作业。

3.0.6

施工预裂爆破 construction-presplitting blasting

当采用分区爆破时，在先爆区与后爆区的边界布置密集爆破孔（孔间距为常规预裂孔的 1.2～1.5 倍），采取不耦合装药或装填低威力炸药，在先爆区之前起爆，从而沿边界形成预裂缝，以减

BJGD

弱先爆区爆破对后爆区岩体的破坏，便于后爆区钻孔的爆破作业。

3.0.7

光面爆破　smooth blasting

沿开挖边界布置密集爆破孔，采取不耦合装药或装填低威力炸药，在主爆区之后起爆，以形成平整轮廓面的爆破作业。

3.0.8

深孔爆破　deep-hole blasting

在开挖台阶面上按一定规则布置爆破孔，爆破孔直径大于50mm、深度大于或等于5m的爆破作业。

3.0.9

浅孔爆破　short-hole blasting

在开挖台阶面上按一定规则布置爆破孔，爆破孔直径小于50mm、深度小于5m的爆破作业。

3.0.10

台阶（梯段）爆破　bench blasting

使开挖面呈台阶形状，以充分利用临空面加强爆破破碎，并利用微差起爆技术进行的钻孔爆破作业。

3.0.11

缓冲孔爆破　buffering hole blasting

台阶爆破时，在主爆破孔与预裂或光面爆破孔之间设置的钻孔密集程度大于主爆破孔，单孔装药量小于主爆破孔的爆破作业。

3.0.12

挤压爆破　tight blasting

空间不足以使被爆岩体自由碎胀而形成相互挤压的爆破。

3.0.13

控制爆破　controlled blasting

对爆破介质的破坏方向、破坏范围、破坏程度和爆破有害效应等进行严格控制的爆破。

BJGD

3.0.14

爆破有害效应　adverse effects of blasting

爆破引起的振动、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、有害气体等，对爆区附近保护对象可能产生的有害影响。

3.0.15

爆破安全监测　blasting safety monitor

采用仪器设备等手段对爆破有害效应进行测试，以判断爆破对保护对象的影响程度，用于监督和指导爆破施工。

3.0.16

延时爆破　delay blasting

采用延时起爆器材使同一网路中的药包按设定的顺序和时差起爆的爆破，分为毫秒延时爆破、秒延时爆破等。

3.0.17

单段爆破药量　charge amount per delay interval

延时爆破时，同一时刻起爆的炸药总量。

3.0.18

爆破影响深度　blast-induced damage depth（lax layer caused by blasting）

爆破荷载作用下，保留介质受影响的范围。

BJGD

4 总　　则

4.0.1　为规范水工建筑物岩石基础开挖施工而制定本标准。

4.0.2　开挖施工前，应收集和了解工程地质和水文地质资料，施工中做好工程地质和水文地质的编录、预测和预报工作。

4.0.3　开挖施工前，应根据地质条件和设计要求制定开挖和支护的施工方案，并根据揭露的实际情况及时进行调整。

4.0.4　应按照 GB 6722 及其他相关标准的规定制定安全技术措施，并对从业人员进行安全培训和教育。

4.0.5　水工建筑物岩石基础开挖，应根据工程需要进行安全监测和质量检测。

4.0.6　水工建筑物岩石基础开挖，应采用钻孔爆破法施工，严禁在其附近部位采用洞室爆破法或药壶爆破法施工。对于距离较远的部位，如确需采用洞室爆破法施工，应进行专项试验和安全技术论证。

4.0.7　水工建筑物岩石基础开挖，应积极推广应用安全可靠、技术先进、经济合理的新技术、新工艺、新材料和新设备。

4.0.8　水工建筑物岩石基础开挖施工除应执行本标准外，还应符合国家现行有关标准的规定。

BJGD

5 地　质

5.0.1　开挖前，应按 DL/T 5109 和 GB 50287 的规定收集相关的工程地质与水文地质资料。主要内容包括：

1　开挖区及附近地区的地层岩性，特别是堆积体、危岩体的分布。

2　地质构造条件，特别是断层、节理裂隙密集带、破碎带等的位置、产状和规模等。

3　地下水补给、排泄的径流条件，含水层的分布及埋藏条件，地下水位、涌水量等，特别是涌水量丰富的地下水来源，强透水带的位置和补给水源。

4　岩石风化条件，不同风化程度，特别是夹层风化的产状、分布及与建基面的关系。

5　可溶岩区，岩溶洞穴的发育层位、规模、充填情况。

6　岩体应力状况。

7　岩石级别。

8　边坡的稳定条件等。

5.0.2　开挖过程中，应做以下工作：

1　及时进行地质编录和分析工作，检验前期的地质勘察资料。

2　预测和预报可能出现的工程地质问题。

3　对不良工程地质问题开展专项研究，并提出处理措施。

4　进行边坡稳定性地质预报。

5.0.3　开挖形成建基面后，应做以下工作：

1　测绘建基面工程地质图。

2　按设计要求进行建基面岩体质量检测。

3　最终评价基础岩体工程地质条件。

4　编写基础地质说明书或地质结论。

5　进行基础验收。

BJGD

6 测　　量

6.0.1　水工建筑物岩石基础开挖施工测量的基本内容：

1　建立平面控制和高程控制网。

2　开挖区原始地形图和原始断面图测量。

3　应按开挖施工的阶段及时在开挖面标示特征桩号、高程及开挖轮廓控制点。

4　开挖轮廓面和开挖断面放样测量。

5　边坡面或建基面开挖断面测量。

6　进行检查验收，并绘制竣工图，提出中间验收和竣工验收资料。

6.0.2　开挖轮廓放样点的点位限差应符合表 6.0.2 的规定，设计另有要求时按设计要求执行。

表 6.0.2　开挖轮廓放样点的点位限差　　mm

工　程　部　位	点位限差	
	平面	高程
主体工程部位的基础轮廓点、预裂爆破和光面爆破孔定位点	±50	±50
主体工程部位的坡顶点、中间点、非主体工程部位的基础轮廓	±100	±100
土、砂、石覆盖面开挖轮廓点	±150	±150
注：点位限差是相对于邻近基本控制点而言的。		

6.0.3　开挖前，施工单位测量的开挖范围内的原始地形图及剖面图，其比例尺宜为 1:500；开挖范围内的竣工地形图及剖面图的测量比例尺不应小于 1:200。

6.0.4　开挖区附近的永久和临时施工测量控制点应相对稳定，控制网等级及精度应符合 DL/T 5173 的规定。

BJGD

6.0.5 每一台阶开挖，应沿开挖轮廓测绘平、剖面图和主要高程点以及土石分界线。

6.0.6 每次爆破均应放样，测量上层爆破后开挖面的超欠挖情况或前排爆破的开挖范围。

BJGD

7 开　挖

7.0.1　开挖前，施工单位应提出开挖施工计划和技术措施。边坡临时支护应与永久支护统筹考虑，相互结合，合理分期施工。

7.0.2　开挖应采用自上而下、分层进行台阶爆破的施工方法，如果某些部位需上、下同时施工，应进行安全技术论证。不应采用自下而上造成岩体倒悬的开挖方式施工。

7.0.3　设计边坡轮廓面的开挖，应采用预裂爆破或光面爆破。

7.0.4　紧邻水平建基面的开挖，宜优先采用预留保护层的开挖方法；经试验论证，也可采用特殊措施的深孔台阶一次爆破法。

7.0.5　设计边坡开挖前，应做好开挖轮廓线外的危石清理、削坡、加固和排水等工作，并注意保护清理区域范围外的天然植被。

7.0.6　处于不良地质地段的设计边坡，在开挖过程中，应采取有效措施及时进行处理。

7.0.7　边坡开挖，应按设计要求的程序进行；施工中应及时检查、处理和验收，合格后方可进行下一工序施工。

7.0.8　水下开挖，应另行确定相应的开挖方法。

7.0.9　基础面的开挖偏差，应符合下述规定：

1　水平建基面高程的开挖允许超挖 20cm、欠挖 10cm。

2　设计边坡的整体平均坡度，应符合设计要求；每一台阶的开挖允许偏差为其开挖高度的±2%。

3　对破碎、极破碎和较软岩、软岩及极软岩，不良地质地段的岩体，以及设计另有要求的部位，其开挖偏差应符合设计要求。

BJGD

8 钻 孔 爆 破

8.1 一 般 规 定

8.1.1 钻孔应符合以下要求：

1 钻孔孔径：台阶爆破不宜大于 150mm，紧邻保护层的台阶爆破及预裂爆破、光面爆破不宜大于 110mm，保护层爆破不宜大于 50mm。

2 台阶爆破钻孔不宜钻入预留的保护层内。

3 无论采用何种开挖爆破方式，钻孔均不应钻入建基面。

8.1.2 在有水或潮湿条件下进行爆破，宜采用抗水爆破器材，若使用不抗水或易潮湿的爆破器材，应采取防水或防潮措施。在寒冷地区的冬季进行爆破，应采用抗冻爆破器材。

8.1.3 紧邻建基面和边坡的开挖爆破应采用毫秒延时起爆网路。

8.1.4 在雷雨季节和多雷地区进行爆破应采用非电起爆网路。雷电来临应停止爆破作业。

8.1.5 对爆破噪声有限制的爆破，地表不宜采用导爆索传爆，如必须采用导爆索传爆时，应采用适当的防护措施。

8.1.6 本标准所述炸药用量，以 2 号岩石硝铵炸药为基准，若使用其他品种的炸药，其用量应进行换算。

8.2 钻 爆 设 计

8.2.1 应根据设计图纸、地质情况、爆破器材性能及施工机械等条件，进行钻爆设计。其主要内容如下：

1 工程概况。

2 工程地质及水文地质条件。

3 爆破孔网参数。

BJGD

4 炸药品种、炸药用量及装药结构。

5 起爆网路。

6 爆破安全控制及监测。

7 爆破对环境影响的安全评价。

8 应绘制下列图表：

1）爆破孔布置平面图及剖面图。

2）爆破孔装药结构图。

3）起爆网路设计图。

4）爆破器材用量表。

8.2.2 应根据不同岩体条件和爆破效果，不断优化爆破参数。

8.2.3 爆破对环境影响的安全评价内容，一般包括：

1 爆破对周围地面、地下建（构）筑物及重要设施的振动安全允许距离。

2 爆破对保留岩体的影响深度。

3 爆破对不良地质地段岩体的影响程度和范围。

4 爆破飞石、滚石、空气冲击波及有害气体、粉尘等对人员、施工机械设备和建（构）筑物的安全影响范围。

8.3 钻 爆 施 工

8.3.1 钻孔爆破施工，应按批准的爆破设计进行，并应符合 DL/T 5135 的规定。

8.3.2 钻孔质量应符合下述要求：

1 钻孔孔位应根据爆破设计进行现场放样。

2 钻孔开孔位置与爆破设计孔位的偏差，主爆孔不宜大于孔间排距的 5%；预裂爆破和光面爆破孔的开孔偏差应符合表 6.0.2 的规定。

3 钻孔角度，应符合爆破设计的规定。钻孔角度偏差，一般爆破孔不宜大于 2°；预裂和光面爆破孔不宜大于 1°。

4 钻孔孔深应符合爆破设计规定。孔深允许偏差，一般爆破

BJGD

孔宜为 0～＋20cm，预裂和光面爆破孔宜为±5cm。

5 已完成的钻孔，孔内岩粉和积水应予清除，孔口应予以保护。

6 对于因堵塞无法装药的钻孔，应予以扫孔或重钻。

8.3.3 爆破孔的装药、堵塞、网路的联接以及起爆，应由爆破负责人统一指挥，由爆破员按爆破设计规定实施。

8.4 预裂爆破和光面爆破

8.4.1 预裂爆破和光面爆破的效果，其开挖偏差除应符合 7.0.9 的规定外，还应符合下述要求：

1 预裂爆破形成的裂缝面应贯通。

2 在开挖轮廓面上，残留爆破孔痕迹应均匀分布。残留爆破孔痕迹保存率，对完整的岩体，应达到 85%以上；对较完整和较破碎的岩体，应达到 60%以上；对破碎的岩体，应达到 20%以上。

3 相邻两残留爆破孔间的不平整度不应大于 15cm，对于不允许欠挖的结构部位应满足结构尺寸的要求，残留爆破孔壁面不应有明显爆破裂隙，除明显地质缺陷处外，不应产生裂隙张开、错动及层面抬动现象。

8.4.2 对于台阶状开挖部位，预裂孔孔底与下一台阶面应留有一定的间隔，预裂范围应超出相应台阶爆破区，其间隔距离、超出尺寸及预裂缝宽度，应经试验确定。

8.4.3 预裂爆破孔和台阶爆破孔若在同一网路中起爆，预裂爆破孔先于相邻台阶爆破孔起爆的时间不应小于 75ms。

8.4.4 预裂爆破或光面爆破的最大一段起爆药量，不宜大于 50kg。

8.4.5 需采取分区爆破时，应在分区边界面实施施工预裂爆破。

8.5 台阶爆破与缓冲孔爆破

8.5.1 台阶爆破应符合下述要求：

BJGD

1 台阶高度不宜大于 15m。

2 爆破石渣的块度和爆堆，应能适合挖掘机械作业。爆破石渣如需利用，其块度和级配还应符合有关要求。

3 爆破对紧邻爆区岩体的破坏范围小，爆区底部炮根少且较为平整。

4 爆破振动效应、空气冲击波及噪声强度小。

5 爆破无飞石或爆破飞石较少，飞散距离较近。

8.5.2 紧邻设计边坡宜设缓冲孔。

8.5.3 台阶爆破的最大一段起爆药量，应不大于 300kg；邻近设计建基面和设计边坡的台阶爆破以及缓冲孔爆破的最大一段起爆药量，应不大于 100kg。

在排水洞、竖井、锚喷支护区等附近的台阶爆破，以及在设计另有要求的部位的爆破，其最大一段起爆药量，应满足设计要求或通过现场试验确认的爆破安全允许标准的要求。

8.5.4 一次爆破排数较多时，宜每隔 4～5 排设置一排加密爆破孔。

8.5.5 水工建筑物岩石基础开挖中，不宜采用挤压爆破。

8.5.6 水工建筑物岩石基础开挖，除按要求控制单段爆破药量外，还应控制一次爆破总装药量和起爆排数。

8.6 紧邻水平建基面的爆破

8.6.1 紧邻水平建基面的爆破效果，除其开挖偏差应符合 7.0.9 条的规定外，还应使水平建基面岩体不致产生大量爆破裂隙，以及不使节理裂隙面、层面等弱面明显恶化，并不损害岩体的完整性。

8.6.2 紧邻水平建基面的岩体保护层厚度，应由爆破试验确定，若无条件进行试验，保护层厚度宜为上一层台阶爆破药卷直径的 25 倍～40 倍。

8.6.3 紧邻水平建基面的保护层宜选用下列一次爆破法予以挖除：

BJGD

1 沿建基面采取水平预裂爆破，上部采用水平孔台阶或浅孔台阶爆破法。

2 沿建基面进行水平光面爆破，上部采用浅孔台阶爆破法。

3 孔底无水时，可采用垂直（或倾斜）浅孔，孔底加柔性或复合材料垫层的台阶爆破法。

以上任一种爆破方法均应经过试验证明可行后才可实施。

8.6.4 经爆破试验证明可行，水平建基面也可采用深孔台阶一次爆破法，该方法应采取以下措施：

1 水平建基面，应采用水平预裂爆破方法。

2 台阶爆破的爆破孔底与水平预裂面应有合适距离。

8.6.5 紧邻水平建基面的保护层也可采用分层爆破。

8.6.6 沟槽爆破应采用以下措施：

1 宜采用小直径炮孔分层爆破开挖，周边应采用光面爆破或预裂爆破。

2 对于宽度小于 4m 的沟槽，炮孔直径应小于 50mm，炮孔深度宜小于 1.5m。

3 沟槽两侧的预裂爆破不应同时起爆，如两侧的预裂爆破在同一网路中起爆，则其中一侧应至少滞后 100ms。

8.7 特殊部位附近的爆破

8.7.1 在新浇筑大体积混凝土附近进行爆破，应遵守下述规定：

1 新浇筑大体积混凝土基础面上的质点振动速度，不应大于爆破振动安全允许标准。爆破振动安全允许标准应由爆破试验确定，若难以获得试验成果，可按照附录 A 的规定执行。

2 钻孔爆破施工中，可参照附录 B 的经验公式进行预报和控制。

8.7.2 在灌浆区、预应力锚固区、锚喷（或喷浆）支护区等部位附近进行爆破，应参照附录 A 经过爆破试验论证后才能实施。特殊情况下，可按已有工程实例类比法经论证后确定。

BJGD

9 爆 破 试 验

9.0.1 钻孔爆破应进行爆破试验，爆破试验可结合施工生产进行。

9.0.2 爆破试验前，应编制试验大纲。

9.0.3 爆破试验应包含下述内容：

1 爆破器材性能试验。

2 爆破参数试验。

3 起爆网路试验。

4 爆破影响范围测试。

5 爆破振动效应测试。

必要时还可进行数值仿真分析。

9.0.4 爆破试验采用下列方法进行：

1 爆破器材性能试验应采用专用仪器测试。

2 爆破参数试验应根据设计要求，结合爆破试验效果调整爆破参数。

3 起爆网路试验应根据设计进行模拟试验，确定实施起爆网路。

4 爆破影响范围应采用钻孔声波法测试及宏观调查确定，宜使用数值计算方法进行对比分析。

5 现场爆破地震效应试验应采用质点振动速度观测方法，质点振动速度传播规律，可参照附录 B 的经验公式进行统计分析确定。

6 爆破对边坡的稳定性影响，宜采用通用程序进行计算并与宏观调查和现场试验成果进行综合分析。

7 根据各单项试验结果，确定爆破方案。

BJGD

10 施工期安全监测

10.0.1 开挖爆破施工应按有关要求进行施工期安全监测。

10.0.2 施工期安全监测包括开挖爆破作用过程的有害效应监测、边坡岩体松弛范围监测和变形监测、建基面岩体松弛范围监测、已灌浆部位和已浇混凝土质量监测（含宏观调查）等。监测项目应符合 DL/T 5333 和 SL 60 的规定。

10.0.3 应根据开挖规模、施工区的环境条件、地质条件、工程特点等，按设计要求编制安全监测大纲。

10.0.4 监测(检测)仪器应满足安全监测的要求，应按 DL/T 5333 和 SL 60 的规定进行校准。

10.0.5 施工期边坡变形监测宜选择位移监测，宜结合边坡的永久监测进行。

10.0.6 施工期开挖爆破的动态监测宜选择质点振动速度、质点振动加速度和爆破噪声等项目。

10.0.7 边坡、建基面岩体松弛范围应采用钻孔声波法进行监测，宜进行爆破前后观测。

10.0.8 在爆区周围有需保护建筑物时，应结合爆破监测同时作爆前爆后的宏观调查。

10.0.9 应做好施工期安全监测资料的记录、整理和分析，及时提出监测简报，指导施工。监测工作结束后，应对施工期的监测资料进行综合分析，提出监测总报告。

10.0.10 施工期监测过程中，发现异常情况，应及时上报。

BJGD

11 临 时 支 护

11.0.1 需要临时支护的边坡，应根据地质条件、边坡形状、开挖顺序等因素，作出支护设计。

11.0.2 支护与开挖的间隔时间、施工顺序及间隔距离，应根据地质条件、边坡形式、爆破参数等因素确定，应在边坡出现有害松弛变形之前支护完毕。宜采用支护紧跟开挖面的方式施工；稳定性差的边坡，应先加固后开挖。

11.0.3 必要时应进行现场变形等监测，掌握边坡变形动态，以指导施工。

11.0.4 临时支护宜与永久支护相结合。

11.0.5 锚喷支护类型及参数选择，应根据边坡特点、施工方法等通过工程类比或试验确定。施工时，通过现场监测，调整支护参数。

11.0.6 锚喷支护施工应遵守以下原则：

1 边坡开挖后，根据地质条件，适时给予锚喷支护，限制边坡变形。

2 要保证边坡、喷层和锚杆之间有良好的黏结和锚固，使锚喷支护与边坡形成整体。

3 根据地质条件确定开挖程序和支护顺序及时机。

4 对易风化、易崩解和具膨胀性等岩体，开挖后要及时封闭岩体，并采取防水、排水措施。

11.0.7 锚喷支护施工及质量检验标准应符合 DL/T 5181 的规定。

BJGD

12 排水和出渣运输

12.0.1 施工前，应根据水土保持和环境保护要求，并结合水工建筑物施工长期排水要求进行开挖施工区排水规划设计。

12.0.2 施工区排水应遵循“高水高排”的原则，高处水不应流（跌）入基坑。

12.0.3 在边坡开挖施工过程中，应根据施工需要设置必要的临时排水与截水设施。

12.0.4 基坑开挖施工中，应根据排水设计规划配置足够的设备，及时排出施工区的积水。

12.0.5 施工前，应进行堆渣（料）与弃渣规划。

12.0.6 开挖渣料应按要求分类堆放。

12.0.7 禁止在河道行洪区内弃渣。

12.0.8 堆（弃）渣场应保持边坡自身稳定，必要时需分层碾压。弃渣完成后，应及时进行修整并修筑永久排水设施和其他防护性工程，保证地表径流不会冲蚀表面或危及弃渣的稳定。

12.0.9 出渣运输和堆（弃）渣不应污染环境。

BJGD

13 基础检查处理与验收

13.0.1 基础检查处理，包括在开挖后对基础面几何尺寸和基础岩体开挖质量的检查与处理。

基础验收，应符合 DL/T 5113.1 的规定。

13.0.2 对基础的检查处理和质量鉴定，应以设计文件和施工图纸为标准。

13.0.3 开挖后，应及时对基础进行检查（自检）和处理。

13.0.4 检查基础岩体开挖质量，宜采用钻孔声波测试法，质量标准参见附录 C。也可采用设计文件规定的方法与标准。

13.0.5 基础处理应符合下述要求：

1 基础面如有欠挖，应处理到符合 7.0.9 条的规定。

2 基础面如有反坡（设计规定者除外），应处理成顺坡。

3 基础面如有尖角岩体（块），应处理成钝角或弧形状。

4 基础面上的泥土、破碎岩石和松动岩块，以及不符合质量要求的岩体，应清除或处理。

5 基础面的地质缺陷和发现新的不良地质因素，以及前期地质勘探或试验中遗留的钻孔、平洞、竖井等，均应处理到符合设计要求。

6 在外界环境作用下极易风化、软化和冻裂的软弱基础面，若其上部的水工建筑物暂不施工覆盖，应按设计要求进行处理或防护。

7 基础处理工作完成后，宜采用高压水（风）枪进行基础面的冲洗，直至满足终验要求。但全、强风化岩层的边坡，宜采用清扫和高压风冲洗相结合的方式清理坡面。边坡整修及处理不应造成岩体进一步的破坏与损伤。

8 设计规定的其他要求。

BJGD

13.0.6 基础处理后，基础验收小组应及时进行终检验收。

13.0.7 基础验收的主要内容包括：

1 建筑物基础轮廓尺寸、控制点高程和超欠挖情况。

2 建基面地质状况、基础地质缺陷的处理情况及相应的质量检查资料。

3 开挖爆破方法（包括爆破孔位置、深度、装药量、起爆方式等）及相应开挖质量的检查资料。

13.0.8 基础验收合格后，应及时测绘基础竣工地质图和地形图，编写竣工地质报告和开挖施工报告。

13.0.9 未通过基础验收的，不应进行基础面上的下一道工序施工。

BJGD

附 录 A
（规范性附录）
爆破安全允许标准

表 A.1 民用建筑物及人员的爆破振动安全允许标准 cm/s

序号	保护对象类型	安全允许振速		
		<10Hz	10Hz～50Hz	50Hz～100Hz
1	土窑房、土坯房、毛石房屋	0.5～1.0	0.7～1.2	1.1～1.5
2	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
3	钢筋混凝土结构房屋	3.0～4.0	3.5～4.5	4.2～5.0
4	一般古建筑与古迹	0.1～0.3	0.2～0.4	0.3～0.5

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：洞室爆破小于 10Hz；台阶爆破 10Hz～60Hz；浅孔爆破 40Hz～100Hz。

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：选取居民的安全振速时，应综合考虑爆破的频繁程度、居民的数量，以及爆破时居民所处位置等。

表 A.2 机电设备及仪器的爆破振动安全允许标准 cm/s

序号	保护对象类型	安全允许振速	备注
1	水电站及发电厂中心控制室设备	0.9	运行中
		2.5	停机
2	计算机等电子仪器	2.0	运行中
		5.0	停机

BJGD

表 A.3 新浇大体积混凝土的爆破振动安全允许标准 cm/s

序号	龄 期	安全允许振速
1	初凝～3d	2.0～3.0
2	3d～7d	3.0～7.0
3	7d～28d	7.0～12.0
注 1：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 2：控制点位于距爆区最近的新浇大体积混凝土基础上。		

表 A.4 灌浆区与锚喷支护的爆破振动安全允许标准 cm/s

序号	部 位	龄 期			备 注
		1d～3d	3d～7d	7d～28d	
1	灌浆区	—	0.5～2.0	2.0～5.0	3 天内不能受振
2	预应力锚索（锚杆）	1.0～2.0	2.0～5.0	5.0～10.0	锚杆孔口附近、锚墩
3	喷射混凝土	1.0～2.0	2.0～5.0	5.0～10.0	距爆区最近喷射混凝土上
注：地质缺陷部位一般应进行临时支护后再进行爆破，或适当降低控制标准值。					

BJGD

附 录 B
（资料性附录）
质点振动速度传播规律的经验公式

B.1 质点振动速度传播规律的经验公式如下：

$$v=K(Q^{1/3}/R)^{\alpha} \qquad (B.1)$$

式中：

v——质点振动速度，cm/s；

Q——爆破装药量，齐发爆破时取总装药量，分段延迟爆破时视具体条件取有关段的或最大一段的装药量，kg；

R——爆破区药量分布的重心（或几何中心）至观测点或建筑物、防护目标的距离，m；

K、α——与场地地质条件、岩体特性、爆破条件以及爆破区与观测点或建筑物、防护目标相对位置等有关的常数，由爆破试验确定。

B.2 当考虑爆破区与观测点或建筑物、防护目标的高程差对质点振动速度传播规律的影响时，可采用下述经验公式：

$$v=K(Q^{1/3}/R)^{\alpha}(Q^{1/3}/H)^{\beta} \qquad (B.2)$$

式中：

v——质点振动速度，cm/s；

Q——爆破装药量，齐发爆破时取总装药量，分段延迟爆破时视具体条件取有关段的或最大一段的装药量，kg；

R、H——爆破区药量分布的重心（或几何中心）至观测点或建筑物、防护目标的水平距离和高程差，m；

K、α、β——与场地地质条件、岩体特性、爆破条件以及爆破区与观测点或建筑物、防护目标相对位置等有关的常数，由爆破试验确定。

BJGD

附 录 C
（资料性附录）
判断爆破影响或基础岩体开挖质量的标准

C.1 宏观调查和地质描述方法判断爆破影响的标准。

有下述情况之一时，判断为有爆破影响：

1 发现爆破裂隙或裂隙频率、裂隙率增大。

2 节理裂隙面、层面等弱面张开（或压缩）、错动。

3 地质锤锤击发出空声或哑声。

C.2 钻孔声波观测方法判断爆破影响或基础岩体开挖质量的标准。

同部位的爆后波速（C_{P2}）小于爆破前波速（C_{P1}），其变化率η为：

$$\eta = 1-(C_{P2}/C_{P1}) \qquad (C.1)$$

判断标准如下：

$\eta \leqslant 10\%$，无影响或影响甚微；

$10\% < \eta \leqslant 15\%$，影响轻微；

$\eta > 15\%$，有影响或基础岩体开挖质量差。

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，也可以从观测资料的变化趋势和特点进行判断。

BJGD

水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范

条 文 说 明

BJGD

目　　次

1　范围……29
4　总则……30
5　地质……32
6　测量……33
7　开挖……34
8　钻孔爆破……39
9　爆破试验……50
10　施工期安全监测……55
11　临时支护……57
12　排水和出渣运输……58
13　基础检查处理与验收……60

BJGD

1 范　围

中型以上规模的水电水利工程是指中型、大型、特大型或超大型规模的水电水利工程。小型水电水利工程的水工建筑物岩石基础开挖的施工技术要求，可根据具体情况和条件适当简化执行本标准。

水电工程等级划分见 DL 5180—2003。

本标准只适用于水电水利工程水工建筑物岩石基础开挖工程爆破法施工，若采用静态爆破、火焰切割等其他方法施工时，应另行制定相应规定。

BJGD

4 总　　则

4.0.1　本标准适用于新建、改建、扩建的水电水利工程中的水工建筑物岩石基础开挖工程。水工建筑物岩石基础开挖，主要是指在露天从事对基础面（含设计建基面和边坡轮廓面）及以上岩体的开挖；地下工程开挖执行 DL/T 5099 的规定；水下开挖可参照本标准执行。

4.0.2　工程地质和水文地质条件对水工建筑物结构布置和施工开挖方案均有直接的影响。开挖施工中，应进行工程地质和水文地质的编录、预测和预报工作。如工程地质和水文地质的实际情况与设计条件不符，特别是存在不良地质因素时，在设计按规定做出修正的同时，应根据实际地质条件调整施工方案，必要时应进行补充勘测工作。不良地质因素主要包括：断层破碎带，软弱夹层，溶洞，滑坡体，易风化、软化、膨胀、松动的岩体，有害矿物的岩脉，地下水活动较严重的岩体等。

4.0.3　地质条件的变化对开挖和支护方案影响较大，施工单位需根据设计要求制定相应方案。当实际地质情况发生变化时，施工单位应及时上报，必要时应对开挖和支护的设计方案进行修改，施工单位应根据设计修改及时调整开挖和支护方案。

4.0.4　水工建筑物岩石基础开挖的从业单位应制定详细的安全技术措施，确保施工中人员、设备等的安全，并对从业人员进行安全教育和培训，认真执行安全操作规程，增强安全意识，持证上岗。严格遵守劳动保护法令和劳动卫生标准，不断改善劳动条件，防止伤亡事故和职业病发生。

4.0.5　安全监测和质量检测工作可对水工建筑物岩石基础开挖的施工质量、施工安全进行过程控制和预报，以便及时优化施工方案，对施工质量和安全具有指导意义。

BJGD

安全监测和质量检测应按 SL 60 和 DL/T 5333 的有关规定执行。

4.0.6 钻孔爆破法具有便于机械化施工，爆破药量分散、起爆药量易于分段控制，爆破安全性好，爆破有害效应小，爆破对紧邻爆区岩体的破坏范围小，爆破对设计建基面、设计边坡、建筑物或防护目标的不利影响小等优点，为保证基础开挖质量及建筑物或防护目标的安全，应采用钻孔爆破法施工。

洞室爆破法或药壶爆破法不具备钻孔爆破法的优点，因而在条文所述情况下不准采用。使用附近一词是因为具体情况和条件不同，不便将其具体化。本标准所述的设计建基面，包括倾斜、垂直和水平建基面。水平建基面中含接近水平的建基面；设计边坡包括永久和半永久边坡，以及倾斜和垂直建基面。

距离较远的部位指除上款所述情况以外的部位。有时在某些部位有采用洞室爆破或药壶爆破施工的情况，如导流洞进、出口岩埂（或围堰）拆除爆破，已建成水库输水隧洞进水口岩塞爆破等，为保障爆破安全，应进行专项试验和安全技术论证。

4.0.7 水工建筑物岩石基础开挖施工过程中，采用新技术、新工艺、新材料和新设备（简称“四新”）的目的是为了保证基础开挖质量，提高施工技术水平，加快施工进度和体现科学技术的进步。应进行专项试验和安全论证后方可采用“四新”。

4.0.8 为遵守国家有关标准，并与同级有关标准协调、不致重复或相互矛盾，以保证本标准的完整性和科学性，故对本标准未涉及到的内容，要求执行现行国家或行业标准的有关规定。

BJGD

5 地　质

5.0.1　开挖前，应收集对开挖施工方案和安全有影响的地质资料。

5.0.2　在开挖过程中，更多的地质信息将得到揭露，通过开挖后地质编录和测绘工作，可作为前期地质勘察资料的补充，同时根据最新地质资料的分析，对可能出现的工程地质问题进行预测和预报，及时调整施工方案，确保施工安全。对于不良工程地质问题应根据实际情况开展专项研究，提出相应的处理意见。

5.0.3　开挖完成后，对建基面进行地质编录、测绘和岩体声波波速检测，并依据实际的地质条件和声波波速对基础（含边坡）进行最终的质量安全评价，为工程竣工验收提供资料。

BJGD

6 测　量

6.0.1　明确了露天岩石基础开挖测量的基本任务是开挖轮廓点放样、开挖断面测量及竣工验收。

6.0.2　应根据施工图纸、有关设计文件、施工控制网、控制网点进行测量定线，开口轮廓位置的放线最大误差应符合本条的规定。

有混凝土覆盖的基础一般不允许欠挖。

6.0.3　DL/T 5173—2003 中的规定“主要建筑物的开挖竣工地形图或断面图，应选用 1:200；收方图以 1:500 或 1:200 为宜”，与此项对应作出本条规定。

6.0.4　控制网分平面控制网和高程控制网，其等级与精度应根据工程规模和对开挖放样的精度要求确定，DL/T 5173 中有明确规定。在开挖区附近的施工测量应设置相对稳定的控制点便于施工放样。

6.0.5　强调每一台阶开挖，均应沿开挖轮廓测绘平、剖面图和主要高程点以及土石分界线，为爆破设计提供依据。每一台阶按设计要求进行开挖，才能保证整体开挖满足设计要求。测量比例参照 6.0.3 条规定，测量精度按表 6.0.2 规定，剖面图的测量间距可在 5m～20m 范围内选择。有特殊要求的部位按设计要求进行。

开挖放样高程控制点，不应低于五等水准测量的精度，放样可采用光电测距三角高程测量进行。

6.0.6　每次爆破均应放样，以保证按设计要求进行钻孔，对前次爆破出现的超欠挖进行及时处理。

BJGD

7 开　挖

7.0.1　开挖施工计划和技术措施，主要根据设计文件、施工图纸的要求和本规范的规定提出，其内容主要包括：

1　工程概况。

2　施工布置、施工程序和施工方法。

3　进度计划及工期保证措施。

4　劳动力、材料和设备等资源配置。

5　辅助设施。

6　采用新技术、新材料、新工艺和新设备施工的措施。

7　组织机构及职责。

8　施工质量和施工安全方面的技术要求和措施。

9　存在的问题和解决办法。

10　其他。

7.0.2　开挖顺序的规定，目的是为了保证施工安全。上下同时开挖，易造成施工安全事故，在较狭窄河床地段施工时尤为突出。

如果某些部位确需上、下同时施工时，只有经安全技术论证可行并报相关部门批准，采用有效的安全措施后才可施工。

自下而上开挖，极易造成施工安全事故，不应采用。

台阶爆破法是目前世界上岩石开挖的主要手段，具有破碎效果好、爆破影响范围小、便于装运和边坡加固等优点。台阶高度主要根据边坡开挖高度、地形地质条件、施工进度和施工机械性能等因素确定。台阶高度根据我国较成熟的经验，可采取 8m～15m。

7.0.3　设计边坡轮廓面的开挖，关系到边坡轮廓面的成型和保留岩体的开挖质量，因而作出条文所述的规定并基于下述理由：

1　只要合理选择爆破参数，预裂爆破和光面爆破能形成质量

BJGD

好的边坡（或基础）轮廓面，可减少超（或欠）挖，减小台阶爆破的有害效应对边坡保留岩体的作用。成功的预裂爆破和光面爆破，有 8.4.1 所述的效果。

2 预裂爆破和光面爆破，是已成熟的钻孔爆破技术。预裂爆破除具有前条所述优点外，预裂面还有减震作用，一般应优先采用，对于岩石较破碎或坚硬完整的地带也可考虑采用光面爆破。

7.0.4 本条根据近年来在我国三峡、小湾、隔河岩等水电站进行试验研究并积累了一定生产实践经验的基础上制定。留或不留岩体保护层的一次爆破法的推广应用，将把水工建筑物岩石基础开挖施工中，控制开挖质量较严、难度较大、用时较长的紧邻水平建基面基础岩石开挖技术提高到新的水平，但是，这两种方法只能在通过试验证明可行，并经相关部门批准后才可采用，而不能用工程类比方法确定相应的钻孔爆破参数。

7.0.5 做好条文所述的工作，才能保证开挖安全；做好排水，可使设计边坡少受或免受地表水的危害；天然植被的破坏可导致水土流失，对边坡稳定和施工安全不利。

7.0.6 目的是为了保证施工安全和开挖质量，不良地质地段必要时应先加固后开挖爆破。开挖过程中应控制爆破有害效应，加强安全监测，边开挖、边加固边坡。

7.0.7 为了保证施工安全和开挖质量，并避免形成较高边坡后进行检查处理与验收及加固，特作此规定。检查处理与验收按第 13 章的有关规定进行；是否加固或如何加固，则按设计要求进行。这些工作一般在一个台阶开挖完毕后及时进行，其后再进行下一台阶开挖。上一台阶的边坡和马道的施工期临时加固工程完成前，不应进行下一台阶开挖。

7.0.8 水下开挖主要根据设计要求、地形地质条件、开挖规模、施工机械和爆破器材，以及附近水工建筑物，航运状况，水流条件等，确定相应的开挖方法。水下开挖通常采用钻孔爆破法。

7.0.9 基础面即设计建基面和设计边坡轮廓面，其开挖偏差不可

BJGD

避免，主要与地质条件、钻孔质量、爆破方法等因素有关。

通常用岩体基本质量分级来评价岩体质量，依据 GB 50218—1994 岩体基本质量分级，应根据岩体基本质量的定性特征和岩体基本质量指标（BQ）两者相结合，按表 1 确定。岩体的定性特征有岩体的完整程度和坚硬程度，岩体的完整程度按表 2 确定，岩体的坚硬程度按表 3 确定。

表 1　岩体基本质量分级

基本质量级别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质量指标（BQ）
Ⅰ	坚硬岩，岩体完整	>550
Ⅱ	坚硬岩，岩体较完整； 较坚硬岩，岩体完整	550～451
Ⅲ	坚硬岩，岩体较破碎； 较坚硬岩或软硬岩互层，岩体较完整； 较软岩，岩体完整	450～351
Ⅳ	坚硬岩，岩体破碎； 较坚硬岩，岩体较破碎； 较软岩或软硬岩互层，且以软岩为主，岩体较完整～较破碎； 软岩，岩体完整～较完整	350～251
Ⅴ	较软岩，岩体破碎； 软岩，岩体较破碎～破碎； 全部极软岩及全部极破碎岩	<250

表 2　岩体完整程度的定性划分

名称	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距 m			
完整	1～2	>1.0	结合好或结合一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1～2	>1.0	结合差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构
	2～3	1.0～0.4	结合好或结合一般		块状结构

BJGD

表 2（续）

名称	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距 m			
较破碎	2～3	1.0～0.4	结合差	节理、裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	>3	0.4～0.2	结合好		镶嵌碎裂结构
			结合一般		中、薄层状结构
破碎	>3	0.4～0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		<0.2	结合一般或结合差		碎裂块状结构
极破碎	无序		结合很差		散体状结构

表 3　岩体坚硬程度的定性划分　　MPa

岩石单轴饱和抗压强度	>60	60～30	30～15	15～5	<5
坚硬程度	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软岩	极软岩

开挖高度指边坡的垂直高度。举例说明，某边坡总高度 90m，设计成 3 级边坡，设计单级边坡高度各 30m，每个单级边坡拟分 2 个台阶开挖，台阶高度 15m，共 6 个台阶。各单级边坡轮廓面按 7.0.3 的规定，采用预裂爆破方法 1 次或 2 次钻孔开挖形成。要达到每一台阶的开挖允许偏差为其开挖高度的±2%的要求，对边坡轮廓面上的预裂爆破孔的钻孔精度，以垂直孔而论，其孔向在垂直于各孔轴线所连之面方向的允许偏差为±1.15°，而倾斜孔的孔向偏差较之还要严；此外，爆破参数也要合理，否则易造成超（或欠）挖。按上述要求开挖完 6 个台阶，各台阶的边坡坡度和 6 个台阶边坡的平均坡度，可能符合设计要求，但最下部一个台阶的边坡坡脚位置，不一定符合设计要求，在这种情况下，需要在每个台阶边坡开挖中，通过调整各台阶边坡轮廓面的偏差，使之符合设计对整个边坡平均坡度和坡脚位置的要求。

不良地质地段，指条文说明 4.0.2 中的那些有不良地质因素的

BJGD

部位。岩体破碎和软弱的岩体，不良地质地段的岩体，开挖偏差均较难控制。在坑、槽部位和有特殊要求的部位，一般尺寸较小，或形状较特殊，开挖难度较大，开挖偏差也较难控制，某些部位还有可能不允许超（或欠）挖；水下开挖比陆地困难，开挖偏差不易掌握。对上述情况基础面的开挖偏差，本标准未作出具体规定，按设计要求控制。

BJGD

8 钻 孔 爆 破

8.1 一 般 规 定

8.1.1 钻孔应符合的要求：

1 主要根据地形地质条件、开挖方式和规模、施工强度等条件，选用钻孔机械。

规定造孔的成孔直径，是基于水电水利工程对基础开挖质量的严格要求和目前的施工现状。若钻孔直径大于 150mm，孔内装药直径大，每孔装药量大，爆破的有害效应也大，这对基础开挖质量不利，也对附近建筑物或防护目标的安全有影响，因此，在我国水电水利工程施工中，钻孔直径不宜大于 150mm。

紧邻保护层的台阶爆破钻孔直径不宜大于 110mm，有利于保护建基面的质量；预裂爆破和光面爆破的钻孔直径不宜大于 110mm，是为了控制不耦合系数在合理范围内；保护层爆破不宜大于 50mm，是为了减少保护层开挖爆破对建基面的损伤。

2 预留保护层的目的是为了防止其上部台阶爆破对水平建基面岩体造成破坏或不利影响，因此，上层台阶爆破的钻孔不宜钻入保护层。

3 本条所指开挖方式为：预留保护层或不预留保护层一次爆破、保护层分层爆破，爆破孔均不能穿过建基面，将爆破对建基面的有害效应降低到最低限度。

8.1.2 不抗水或易受潮的爆破器材，浸水后会失效，受潮后易变质，使用它们会拒爆或炸药爆轰不完全，达不到预定的爆破效果。不抗冻的爆破器材，冻结后会变质，有时也会拒爆。

8.1.3 采用毫秒延时起爆网路有利于控制最大一段起爆药量，减小爆破对建基面和边坡的不利影响。

BJGD

8.1.4 雷雨季节和多雷地区，采用电爆网路易发生雷电引起电雷管早爆的事故，故应采用非电起爆网路或其他可抗雷电的起爆网路（如电子雷管网路等）。不论采用何种起爆网路，当雷电到达爆区时，雷管均有被雷电直接击中的可能，从而引起早爆事故，故规定雷电来临时应停止爆破作业。

8.1.5 对爆破噪声有限制时，宜采用雷管入孔传爆，当地表需采用导爆索网路时，可采用水袋覆盖等措施。

8.1.6 可通过现场对比试验（如爆破漏斗试验等）进行换算，也可按式（1）换算：

$$e=\frac{\text{2号岩石硝铵炸药的爆力(或猛度)}}{\text{实用炸药的爆力(或猛度)}} \qquad (1)$$

式中：

e——换算系数。

由于施工单位一般不具备炸药爆力（或猛度）的试验条件，故在按式（1）换算时，可从炸药的产品说明书中获取相应指标，或参考有关文献。通常采用爆力换算，2 号岩石硝铵炸药的爆力可取 320ml。

8.2 钻 爆 设 计

8.2.1 爆破设计主要根据设计文件、施工图纸、本标准的规定和爆破试验或爆破监测成果，以及地形地质条件、爆破器材性能、施工机械等条件进行。

对重要的爆破工程应按本条文中规定的内容进行爆破设计，如：坝肩开挖中较大规模的爆破、特殊部位的爆破以及施工组织设计中的标准设计等，但对某一具体工程，如边坡开挖，每天只在不同部位进行同类规模和性质的爆破，可在施工组织设计中进行标准设计，并在施工初期进行试验确认设计参数合理后，在以后的日常爆破中，只需提交爆破孔布置平面图、剖面图、装药结构图、起爆网路图、爆破安全评价（最大一段起爆药量、飞石控

BJGD

制等）及爆破器材用量表。

8.2.2 开挖过程中会遇到不同的岩体条件，应针对不同的岩体条件，调整爆破参数，改善爆破效果，避免岩石出现爆破裂隙或使原有构造裂隙的发展超过允许范围，以及岩体的自然状态产生不应有的恶化。

通过分析爆破效果，可以判断所采用的爆破参数是否合理。爆破效果调查的内容主要包括：对预裂爆破或光面爆破，其开挖轮廓面的残留爆破孔痕迹的分布和保存率、不平整度、爆破裂隙、保留岩体的破坏情况等；对台阶爆破，其爆破石渣的块度或级配、爆堆形状、爆破对保留岩体的破坏、炮根、爆破飞石等；对紧邻水平建基面的爆破，是否使水平建基面岩体产生了大量爆破裂隙，使节理裂隙面、层面等弱面明显恶化，并损害了岩体的完整性等。进行爆破振动监测时，根据爆破振动安全控制标准判断爆破是否对边坡产生危害，及时调整爆破单段药量。对爆破抛掷方向有要求时，应根据爆破效果，及时改变起爆顺序。

此外，还应对每次爆破所使用的爆破器材生产厂家名称和批号进行记录，与爆破效果进行对比分析，对合理调整爆破参数具有重要意义。

8.2.3 水工建筑物岩石基础开挖爆破对环境影响的安全评价，应根据爆破工程周围环境影响情况逐项进行分析核算，确定安全范围，作出综合分析评价。

1 应根据地面、地下建（构）筑物及重要设施的抗震性能，校核爆破振动安全允许距离。

2 爆破对保留岩体的影响深度，通常采用钻孔声波法测试。

3 应根据地质勘察资料，通过试验或数值分析来确定爆破对不良地质地段岩体的影响程度和范围，并制定相应的控制爆破措施。

4 根据需防护目标的具体情况及开挖规模和方式分析论证。

BJGD

8.3 钻 爆 施 工

8.3.2 钻孔是钻孔爆破施工的重要环节。许多事例说明，爆破效果不好、基础成型质量差，钻孔质量不好是其主要原因之一。预裂爆破和光面爆破壁面的成型质量主要取决于钻孔质量。

1 若不按爆破设计确定的孔位钻孔，势必影响爆破效果和基础开挖质量。

2 钻孔开孔位置有偏差不可避免，但不宜太大，尤其是在轮廓面上的预裂爆破孔或光面爆破孔，以及紧邻设计轮廓面的台阶爆破孔，若开孔偏差太大，会造成超（或欠）挖，并影响基础和边坡的开挖质量。

3 钻孔角度的准确性也很重要。对预裂爆破孔或光面爆破孔，其钻孔偏斜若超过爆破设计的规定，会造成开挖轮廓面的不平整度大于 7.0.9 条的要求，并产生超（或欠）挖，有时甚至不能形成良好的轮廓面；对紧邻设计边坡的一排爆破孔，钻孔角度不准确，可能造成边坡保留岩体破坏，或使边坡壁面残留贴面岩石。

由于爆破器材质量提高和爆破技术进步，爆破成型已不成问题。因此，预裂爆破和光面爆破的质量，很大程度取决于钻孔精度和质量，现有的钻机钻孔精度完全可以满足设计要求，但需对操作人员加强培训和管理。

4 孔深不符合规定，可能会产生超欠挖等一些不利影响。

5 钻孔中的岩粉不清除，其有效深度减小；钻孔内积水不排除，将不利于装药到位，此外还可能影响炸药爆炸威力，影响爆破效果。装药孔口宜用锥形塞子堵塞，如不加保护，会被孔口外的岩粉或石渣掉入堵塞，将增加清孔工作量或减小爆破孔的有效深度，有时还会造成废孔。

6 经检查不符合质量要求的钻孔，需要进行处理或重新造孔，以保证获得良好的爆破效果。

8.3.3 当有多个施工单位在相近区域、同一时段进行爆破时，应

BJGD

成立统一的爆破指挥机构，明确责任单位和责任人，统一起爆信号。多个起爆网路在同一时段内起爆时，宜自下而上进行，相邻区域爆破时差不宜太大，避免先爆破部位的爆破飞石砸坏后爆破部位的起爆网路。

8.4 预裂爆破和光面爆破

8.4.1 预裂爆破和光面爆破的质量标准：

1 预裂爆破形成的预裂面上下贯通，保证断裂面形成是预裂爆破的目的和最基本的要求。

2 残留爆破孔痕迹保存率，指在开挖轮廓面上保存的爆破孔痕迹总长与爆破孔钻孔总长的比率。本条文所述残留爆破孔痕迹保存率为一组经验数据，是参考我国近期已完成开挖或正在开挖的一些工程（三峡、小湾、锦屏、溪洛渡等）的开挖技术水平确定的。

3 不平整度也称作起伏差，是衡量相邻两爆破孔间岩面凹凸程度的一个指标，本条文规定的“相邻两残留爆破孔间的不平整度”应较 7.0.9 条第 2 款规定的“每一台阶的开挖允许偏差”严格。本条文规定的不平整度，也是经验数据，是保证基础轮廓面开挖质量的基本要求。线装药密度合理的预裂爆破和光面爆破，爆破孔壁没有或仅有少量细小的爆破裂隙。

8.4.2 要求预裂范围超出台阶爆破区和有一定的预裂缝宽，是为了减小台阶爆破地震效应对保留岩体的有害作用，并阻断台阶爆破在岩体中产生的爆破裂隙延伸到保留岩体之中，以及避免节理裂隙面、层面等弱面的恶化，以保证水工建筑物基础岩体的开挖质量。预裂范围和预裂缝宽，主要考虑台阶爆破的破坏范围和地震效应，一般根据爆破试验结果或实际需要确定，其中，预裂缝宽度取决于地质条件和爆破装药量，故只要它能起到应有的减震效果，一般而言，中硬和软岩表面缝宽约在 0.5cm～1.0cm，硬岩缝宽在 0.2cm～0.5cm 即可。对缝宽不宜苛求，否则，如片面要求

BJGD

有较大缝宽，势必增大装药量，这将对保留岩体质量有不利影响。下述情况的预裂缝不能超深：对倾斜、垂直建基面施行预裂爆破时，形成的预裂缝不能延伸到水平建基面以下的保留岩体内部；对水平建基面施行预裂爆破时，则不能延伸到倾斜、垂直建基面的保留岩体内部。一般预裂孔孔底距离建基面不宜小于 50cm。

8.4.3 预裂爆破孔和台阶爆破孔在同一爆破网络中起爆的事例很多，因为如不在同一网络起爆，单独起爆预裂爆破孔，其孔口附近表面岩体可能被拉裂，需要平整处理才能钻台阶爆破孔；或者使邻近已钻好的台阶爆破孔错动或堵塞，将增加补孔或清孔工作量。条文规定的预裂爆破孔先于相邻台阶爆破孔起爆的时间，可以保证预裂缝超前形成，从而起到减小台阶爆破地震效应对保留岩体的作用，并阻断台阶爆破在保留岩体中产生爆破裂隙，以及避免节理裂隙面和层面等弱面的恶化。

本条文所指相邻台阶爆破孔为距离预裂面 4 排以前的主爆破孔。

8.4.4 限制预裂爆破或光面爆破的最大一段起爆药量，有利于降低预裂爆破或光面爆破本身对保留岩体的不利影响，其最大一段药量可由试验确定，在无试验资料条件下不宜大于 50kg，段间时差应尽量小。

8.4.5 采取分区爆破时，为便于下一区钻孔施工和提高爆破质量，应在分区边界面实施施工预裂爆破。施工预裂爆破的孔间距可在 10 倍～15 倍钻孔直径之间选择，经现场试验验证后最终确定。

8.5 台阶爆破与缓冲孔爆破

8.5.1 为了获得满意的台阶爆破效果，特制定本条规定。

1 合理的台阶高度，可保证边坡的施工质量和施工安全。

2 爆破石渣的块度合适与否，通常以挖掘机械的斗容来衡量，超过斗容的是大块。大块率一般不宜大于 5%，否则，二次

BJGD

爆破工作量大。要求爆堆较集中，且平缓，便于提高挖装效率。水电水利工程施工中，往往有利用爆破石渣的要求，故予规定。合适的爆破石渣块度或级配，需通过试验取得合理的爆破参数，并经精心的爆破设计和施工获得。

3 破坏范围小，炮根少，说明炸药爆炸能量主要用于爆区破岩，也便于后续钻孔爆破施工。紧邻设计建基面或设计边坡的台阶爆破的破坏范围小，可以减小爆破对建基面或边坡保留岩体的不利影响；当采用预留岩体保护层方法开挖时，还可以减小保护层厚度，从而减少保护层开挖工程量。

4 台阶爆破的炸药爆炸能量主要用于爆区破碎岩石，其爆破振动效应小，可减小爆破振动对周围需保护物的危害；爆破噪声低，可避免爆破施工扰民。

5 爆破产生的人员伤害事故大多由爆破飞石引起，应特别重视，避免发生。

8.5.2 紧邻设计边坡宜设缓冲爆破孔或缓冲空孔，以减小前排主爆破孔对设计边坡的不利影响。缓冲爆破孔孔距、排距，宜较前排台阶爆破孔减小 1/3～1/2，其爆破炸药单位岩石耗药量应与前排主爆破孔相同，按每个爆破孔所爆破的体积及爆破单位岩石耗药量来确定缓冲孔装药量。缓冲空孔密集布置，孔内不装药，只起减振作用，孔内有水时，则作用较小，一般较少采用。

8.5.3 限制最大一段起爆药量可降低爆破对保留岩体及邻近需保护建（构）筑物的不利影响。随着起爆技术的发展与进步，本条文对最大一段起爆药量的规定是完全可以实现的。允许的最大一段起爆药量也可通过现场爆破试验确定。

8.5.4 随着爆破规模越来越大，开挖中一次起爆排数较多，如不布置加密爆破孔，易使后排残留大量炮根，影响爆破效果。加密孔的孔间距为主爆孔的 1/2～2/3，其余参数不变。

8.5.5 挤压爆破的振动强度将有所增加，还易残留炮根，对保留岩体质量的控制不利，故不宜采用。

BJGD

8.5.6 一次爆破总装药量和总起爆排数未进行试验时可参考以下取值：一次爆破总药量应小于 20t；一次爆破总排数在 7 排～14 排时，一次爆破总药量在 19t～5t 中选取；一次爆破总排数为 15 排时，一次爆破总药量应不超过 5t。

8.6 紧邻水平建基面的爆破

8.6.1 爆破使水平建基面岩体产生少量爆破裂隙是难免的，但若产生大量爆破裂隙，使弱面恶化（如张开或压缩、错动等）和建基面岩体的完整性遭到破坏，对水工建筑物的安全稳定不利；此外，对这些爆破缺陷进行处理，还会造成超挖并增加回填混凝土等工作量。

8.6.2 试验确定保护层厚度是水工建筑物岩石基础开挖中一项最基本的工作。

保护层厚度主要与地质条件、爆破方式和规模、爆破器材性能、爆破孔装药直径等有关，一般由台阶爆破孔底以下的破坏深度试验结果确定。因为各工程具体情况和条件不一，保护层厚度也有差异，通过试验确定，可以减少保护层开挖的盲目性，保证水平建基面的开挖质量，加快施工进度。

在确无条件的情况下，保护层厚度也可采用工程类比方法确定。表 4 可供采用工程类比方法时参考，其中，H 是保护层厚度，D 是台阶爆破孔底部的装药直径。

表 4 保 护 层 厚 度

岩体特性	完整和坚硬的岩体	较完整、较破碎和较坚硬的岩体	破碎和较软的岩体
H/D	25	30	40

8.6.3 保护层的一次爆破法可根据施工条件选用下列任一方法：

1 水平预裂爆破＋水平孔台阶爆破法或水平预裂爆破＋上部竖直浅孔台阶爆破法。

BJGD

2 岩石较软或较坚硬，可选用水平光面爆破＋水平孔台阶爆破法施工。

3 孔底加柔性或复合垫层的台阶爆破法施工。

垫层段可以缓冲炸药爆炸产生的冲击波和高温、高压气体对水平建基面岩体的作用。柔性材料可用锯末、发泡材料等作成，空气也能起到缓冲作用。如果爆破孔内有水，柔性材料被水浸泡，或空气垫层段被水充填，垫层则起不到应有的缓冲作用，因此，要求将爆破孔内的水清除，垫层段长度由爆破试验确定。

8.6.4 水平建基面采用深孔台阶一次爆破应进行专项试验，确定合理参数，试验中还应对爆破影响深度进行测试，爆破试验成果符合设计对建基面的质量要求时，才可在基础开挖中采用。

1 水平预裂爆破形成的预裂面能减小台阶爆破振动效应对水平建基面岩体的作用，阻断台阶爆破在岩体中产生的爆破裂隙延伸到保留岩体之中。

2 台阶爆破孔底与水平预裂面留有一定距离，进一步减小了台阶爆破对水平建基面岩体的不利影响。爆破孔底与预裂面间的岩体在炸药爆炸产生的入射和由预裂面反射的应力波，以及高温、高压气体的作用下易破碎、容易清除。台阶孔布孔范围不应超过预裂面范围，其孔底至预裂面的距离应通过试验确定，试验初始值可取 10 倍～15 倍的台阶孔直径。

8.6.5 保护层分层爆破是沿用多年的一种开挖方法，故仍予保留，但其效率低，不便于机械化施工。为慎重起见，特作出如下所述的严格规定，以达到既积极、稳妥地推行较先进的开挖方法，又能确保水平建基面开挖质量达到 8.6.1 规定的标准。

第一层

爆破孔孔底距水平建基面不宜小于 1.5m；药卷直径应小于 40mm；应采用浅孔台阶爆破法。

第二层

对完整、较完整、较破碎和坚硬、较坚硬的岩体，爆破孔孔

BJGD

底距水平建基面不宜小于 0.5m；对破碎、极破碎和较软岩、软岩及极软岩，爆破孔孔底距水平建基面不宜小于 0.7m。

爆破孔与水平建基面的夹角不应大于 60°，药卷直径不应大于 32mm。应采用单孔起爆方法。

第三层

对完整、较完整、较破碎和坚硬、较坚硬的岩体，爆破孔不应穿过水平建基面；对破碎、极破碎和较软岩、软岩及极软岩，爆破孔不应穿入距水平建基面 0.2m 的范围，剩余 0.2m 厚的岩体应进行撬挖。

爆破孔角度、装药直径和起爆方法，均同第二层的规定。

8.6.6 沟槽爆破时临空面条件较差，两侧夹制作用较大，爆破易对两侧保留岩体产生不利影响，因此，宜采用本条规定的措施进行施工。

8.7 特殊部位附近的爆破

8.7.1 在新浇筑大体积混凝土附近进行爆破，是水电水利工程施工中存在的有别于其他工程施工的问题。因新浇筑混凝土的强度低，它与基岩接触面的黏结强度更低，极易受到爆破破坏，为保证新浇筑混凝土的安全，根据有关单位结合葛洲坝、大化、铜街子、隔河岩、三峡等工程的试验研究和监测成果，同时依据 GB 6722—2003 的规定，作出本标准的规定。

1 确定安全质点振动速度，需要大量观测数据的统计分析，更需要破坏试验资料。由于爆破对混凝土的影响十分复杂，涉及爆破作用机理，混凝土的标号、龄期，混凝土结构对爆破作用的动力响应等问题，加之系统破坏试验耗资大，所以，迄今尚无完整的试验研究资料可供参考，故要求进行爆破试验确定安全质点振动速度，但在试验成果不易获得的情况下，则可按附录 A 确定。

2 当已知爆破药量和距离，可参照附录 B 的经验公式预报新浇混凝土基础面上质点振动速度，并与安全值相比较；反之，

BJGD

用新浇混凝土基础面上的安全质点振动速度，控制爆破药量或距离。本条所指的距离为新浇混凝土基础距离爆区最近的距离。

3 减震措施中，可采用微差爆破降低单段药量的方法，也可采用形成预裂缝的方法，但在实施预裂爆破时，要论证其地震效应对新浇混凝土有无不利影响，如有，则不能采用。若无恰当办法保证新浇混凝土的安全，可等混凝土达到设计强度后再进行控制爆破，或采取其他方法开挖。

8.7.2 目前，在本条文所述的那些特殊部位附近爆破的试验研究和监测资料较少，缺乏可供参考的安全质点振动速度或其他有关参数的控制指标，故作出条文所述的严格规定，以保证它们的安全。

对于施工期的临时支护，有利于边坡稳定，在爆破振动控制时，应以边坡振动允许值为准。

预应力锚固区和锚喷（或喷浆）支护区等部位的混凝土其早期强度增长较快，因此，按新浇大体积混凝土爆破振动允许值作为控制标准是偏安全的，在无试验资料时可参考附录 A，地质缺陷处理部位除外。

BJGD

9 爆 破 试 验

9.0.1 爆破试验可分为现场原型、现场模型、室内模型试验和数值仿真分析四种类型，一般以现场原型试验和数值仿真相结合为主，因为现场原型试验直观、可靠，便于直接应用。数值仿真分析经济、全面，便于效果预报。现场原型试验可以在钻孔爆破施工前或施工中进行，通常选择待开挖或正在开挖的部位作试验，这既结合生产，又节省试验费用；数值仿真分析可利用少量的试验资料进行分析预报。爆破试验是一项必须进行的工作。

自 20 世纪 70 年代以来，我国一些水电水利工程施工中，进行了一系列爆破试验，对保证基础开挖质量和建筑物或防护目标的安全，加快施工进度，推动爆破技术的发展，都起到了关键作用。本标准的许多条款也是在许多试验研究成果的基础上制定的。但是，由于施工场地地形地质条件和爆破作用过程的复杂性和多变性，使得某些已有的试验研究成果不能简单套用，各工程还得依据自身特点，通过试验确定适合自身需要的各种爆破的合理参数和爆破效应的有关数据，以便采取相应的施工方案和安全防护措施。此外，要完善和提高已有的爆破技术，开发和推广新的爆破技术，认识爆破作用机理等，以便更好地为钻孔爆破施工服务，亦要求进行爆破试验。

数值仿真分析虽然发展已有几十年历史，在某些行业已广泛应用，但在工程爆破领域，近年来才开始在一些重点工程中采用，如三峡、小湾、龙滩等。采用 LS-DYNA 等程序对边坡在爆破荷载作用下的稳定性进行评价；采用 DDA 等程序对爆破后的爆堆形状进行预报；采用 ANSYS 等程序对爆破荷载作用下的中远区的结构物安全性进行评价等，是一种经济、快捷的手段。由于岩体结构的复杂性，还需利用大量实测资料进行对比分析，因此，

BJGD

目前还是以现场试验为主。

由于模型试验的动力相似，难以满足要求，因此，较难通过试验来获得准确的爆破参数，但通过模型试验可对爆破以后的现象进行分析和解释。

9.0.2 爆破试验大纲（计划）的主要内容包括：

1 试验目的和内容。

2 试验地点和部位。

3 爆破方案。

4 观测内容、布置、方法和仪器设备的配置。

5 数值仿真分析（需要时）。

6 试验工作量和进度。

7 试验人员配置，需有关部门配合的项目和内容等。

8 预期成果。

9 其他。

9.0.3 爆破试验内容主要根据设计、施工和安全与防护的需要选择。

本条所述爆破试验内容，不包括爆破空气冲击波（或噪声）、水中冲击波（或动水压力）、飞石和有害气体等效应的试验，因为在一般情况下，它们与水工建筑物岩石基础开挖质量的关系不密切。但在特殊情况下，亦有可能遇到上述问题，应根据需要列入试验内容。如：某大型水电站紧邻某城镇，施工初期爆破噪声及空气冲击波超压较大，爆破产生的震动仅为规范允许值的 1/10，但是，居民对爆破仍然有抱怨，随后进行爆破试验和监测，在各方努力下爆破噪声得到有效控制，施工得以顺利进行。

1 炸药性能试验主要包括：爆破漏斗试验、炸药传爆速度、殉爆距离试验等；雷管性能试验主要包括：准爆率、延期时间误差等试验。爆破器材性能试验的主要目的是为爆破设计和分析爆破效果提供依据。

2 爆破参数试验主要包括：

BJGD

1）确定适合施工场地地质条件的预裂爆破、光面爆破和台阶爆破参数；

2）确定采用有或无岩体保护层的一次爆破法时的台阶爆破参数；

3）确定第 8.7 节所述情况下各种开挖条件的爆破参数。

各种爆破参数是否合理，除根据爆破效果判断外，还要结合爆破破坏范围试验和爆破有害效应测试的结果进行综合分析确定。

3 重要的爆破要进行起爆网路试验，目的是检查起爆网路的传爆可靠性、起爆网路的起爆延时误差等。

4 爆破破坏范围测试主要包括：

1）观测爆破对爆区底部或四周保留岩体的破坏情况，确定岩体保护层厚度或需要获得的其他有关数据；

2）观测爆破对建筑物或防护目标的破坏影响，判断它们的安全性，为调整爆破参数和控制爆破规模提供依据。

5 爆破振动效应试验主要包括：

1）确定适用于施工场地地形地质条件和爆破条件的爆破振动传播规律经验公式，并进行预报和控制；

2）测试建筑物或防护目标及其基础面上的爆破振动参数的量值，配合爆破破坏范围测试，判断它们的安全性，为调整爆破参数和控制爆破规模提供依据。

6 数值仿真分析主要包括：

1）对爆破荷载作用下的边坡稳定性和爆区周围需保护物的安全性进行预报；

2）对不同爆破部位允许的最大一段起爆药量进行预报；

3）对爆堆形状等爆破效果进行预测；

4）对爆区周围保留岩体的破坏情况进行预报，将数值分析结果与实测值进行对比分析，确定保护层的厚度或爆破影响深度。

BJGD

9.0.4 爆破试验方法：

1 爆破器材性能试验：炸药和导爆索爆速采用爆速仪测试；毫秒雷管延期时间采用采样频率在10kHz以上的记录设备进行测试。

2 爆破参数试验：

1）预裂（光面）爆破参数试验，确定孔间距、线装药密度及装药结构，堵塞长度等。

2）台阶爆破参数试验，确定孔距、排距、炸药单耗、装药结构及堵塞长度等，测试爆堆形状、大块率等。爆渣有级配要求时，确定爆渣块度及级配。一次爆破排数超过6排，应确定加密孔的位置、间距、装药量、装药结构及堵塞长度等。

3）缓冲孔爆破参数试验，确定孔间距、抵抗线、至预裂面的距离、单孔装药量、装药结构、堵塞长度等。

3 起爆网路应进行实爆试验或等效模拟试验：

1）网路实爆试验。按设计网路进行起爆试验。施工中结合爆破效果、振动强度及破坏范围的测试结果，对网路进行优化。

2）等效模拟试验。电爆网路至少有一条支路按设计进行雷管连接，其他各组可用等效电阻试验，验证网路的准爆性，并测试起爆时间。导爆索网路或导爆管网路，可用排间传爆主网路及最后排支路进行试验，并测试起爆时间。

4 爆破对保留岩体的破坏范围测试：测定预裂爆破前后保留岩体的声波变化，确定预裂爆破后保留岩体的破坏区域；测定台阶爆破后预裂及光爆面内侧保留岩体的破坏区域；测定台阶爆破后，爆破孔底部以下保留岩体的破坏范围（竖直方向和水平方向）；在保留区进行岩体表面裂缝调查并作地质素描。

试验应同时采用以下方法：

BJGD

1）在表面应采用宏观调查和地质描述方法；

2）在隐蔽部位应采用钻孔声波观测方法。

采用上述观测方法判断爆破破坏的标准，可参见附录 C 的规定。

必要时还可利用 LS-DYNA 等程序进行数值分析计算，确定爆破引起的破坏范围。

5 爆破地震效应测试，宜采用质点振动速度观测方法。

试验中所采用的仪器设备应先进、可靠；采用的观测方法、分析计算方法应比较成熟；得出的数据及经验公式应可靠。

6 在高陡边坡和重要需保护物附近进行爆破时，宜通过爆破试验和数值分析对其安全性进行论证。计算所采用的程序应满足动力分析要求；计算出的数据应准确、可靠；论证应合理、科学。

7 在综合分析各项试验结果后，最后确定实施的爆破方案。

BJGD

10 施工期安全监测

10.0.1 施工期安全监测的目的是保证开挖爆破施工安全和开挖施工质量。

10.0.2 施工期安全监测包括两方面内容：其一是爆破作用过程的动态监测，记录爆破振动、冲击波、噪声、动应力、动应变等物理量的变化过程，包括幅值及频率等。其二是测量爆破前后，保留岩体的松弛范围及变形变化，判别保留岩体和边坡受爆破影响损伤的程度；监测爆破对已灌浆部位和已浇筑混凝土的影响。

监测项目分为：爆破地震效应（质点振动速度、加速度、应力、应变与位移等）、边坡变形、空气冲击波、水中冲击波与动水压力、噪声、飞石、滚石、有毒气体、断层和地应力变化等。检测项目分为：岩体波速、渗透系数等。DL/T 5333 和 SL 60 对不同的开挖部位及工程规模的监测项目均有明确规定。应选择满足工程需要的监测项目。

10.0.3 监测大纲应包括以下内容：

1 工程概况。

2 编制依据。

3 监测的内容和目的。

4 测点布置及监测频度。

5 资源配置。

6 预期成果报告。

10.0.4 监测（检测）仪器的校准是保证成果可靠性的必备条件，应在工程实施前校准一次，以后一年校准一次。

10.0.5 施工期的变形观测一般结合永久监测，如永久监测严重迟后（3 个台阶）时，应设置施工期临时变形监测。

10.0.6 国内外爆破行业界定爆破振动引起的损伤和破坏的标准

BJGD

均以质点振动速度作为判据。监测过程中质点振速测量还应与其他观测项目同步协调进行，以便进行综合分析。

加速度监测一般在需要进行动力计算时采用。

爆破噪声仅在开挖区周围有居民区或对噪声有控制要求时安排该项观测。

10.0.7 边坡岩体松弛范围检测宜在每级马道和每一单级边坡坡角各布置一组垂直于被测岩体面的测孔；宜每 200m^2 布置一组测孔，每组布置 3 个测孔，呈三角形布置，孔深根据岩体性质确定，一般为 3m～8m。

10.0.8 选择有代表性的在爆破前已有裂缝的部位进行调查，测试爆破前后裂缝是否扩展，对非爆破（如温度变化、雨季地基沉降等）引起的裂缝扩展进行记录。

10.0.9 施工期安全监测，应及时提交监测简报，并定期提交监测月（年）报；监测工作结束后，应及时提交监测总报告。监测总报告应对被测目标进行安全性评价。

10.0.10 发现异常情况应在 24h 内采用口头或书面形式报告相关单位，必要时应立即报告。

此外，进行规模较大的爆破时，除进行爆破振动监测外，还应利用爆区附近的永久监测设施及时进行爆前、爆后的边坡变形监测。

BJGD

11 临 时 支 护

11.0.1 开挖过程中应根据实际揭示地质条件、已有支护措施和开挖方式等决定是否增设临时支护，并作出支护设计。

11.0.2 对边坡进行适时支护，能有效地控制边坡变形的发展，保障边坡稳定和施工期安全。

11.0.3 根据边坡的变形动态，分析边坡的稳定状况，便于在边坡出现失稳趋势时及时采取可靠的措施对边坡进行加固。

11.0.4 临时支护与永久支护相结合，既可保障施工期安全，又可降低工程费用。当永久支护无法及时实施时，则需增设相应的临时支护。

11.0.5 根据现场监测成果，调整支护参数，可保证设计合理和施工安全。

BJGD

12 排水和出渣运输

12.0.1 施工前需作好施工期排水规划，以满足水土保持和环境保护要求，并满足施工需要。工作场地有水，对边坡稳定不利，妨碍施工，故要求将水及时排出。宜结合工程永久排水设施，设置截（排）水沟和集水井（坑），并用排水设施排水。

基坑积水中含有油垢和炸药爆炸后的一些有害成分等，排入河流会对河水造成一定程度的污染，因而要求采用有效措施对污水进行处理。防止对环境的污染，是我国的一项基本政策。

12.0.2 对于施工区不同高程可能影响施工的地下水和地表水，应就近开挖集水坑和排水沟，并设置足够的排水设备，及时将水排至不影响施工的适当地点，避免高处水流跌入基坑。

12.0.3 在开挖施工过程中，应在边坡坡顶和马道等部位设置截水沟、排水沟。

12.0.4 施工区积水有碍施工，还将影响建基面的开挖爆破质量。基坑来水包括河流渗水、雨水、施工用水、两岸地表迳流水和地下渗流水等。若来水量很大，影响施工，除采用堵（堵漏）、截（截流）、引（引流）等办法减少基坑中的来水量外，还需配备足够的排水设备及时排出施工区积水。

12.0.5 施工前，应对堆（弃）渣进行规划：

1 对渣场的场地容量进行复核，需要做好石渣和场地容量的综合平衡工作。

2 堆渣场应尽量规划在距使用地点较近的便于回采的地点，堆渣过程中应控制堆渣质量，以提高石渣的利用率。

3 弃渣场应合理规划利用，尽量使其成为施工用场地，或造地返田。

4 堆（弃）渣宜不占或少占耕地。

BJGD

12.0.6 对需使用的开挖渣料应按要求分类堆放，避免因相互污染而无法使用。

12.0.7 避免弃渣堵塞河道，阻碍行洪，造成淤积并使水流条件恶化。

12.0.8 从环保和安全等方面考虑，对利用溪、沟堆（弃）渣应进行安全和环保论证，设置拦渣和排水等防护设施，避免事故发生和水土流失。

12.0.9 出渣运输造成大气中粉尘含量和出渣车辆的发动机声、喇叭叫声的声压级，不能超过规定指标。此外，出渣车辆泄露在道路上的石渣，乱堆（弃）放的石渣，管理不善的堆（弃）渣等，会影响环境卫生并妨碍其他工程施工，应避免发生或迅速清理；更不能随意倒入河边，污染环境。应定期对大气中的粉尘含量以及河道中水质进行监测，定点对车辆噪声进行监测。

BJGD

13 基础检查处理与验收

13.0.1 对基础尺寸和基础开挖质量进行检查，如有不符合设计文件和施工图纸要求者，则要进行处理。

13.0.3 如不及时检查处理，会造成某些不良后果，例如，设计边坡开挖中，对上部已开挖部分不及时检查处理，待形成较高边坡后再进行处理将很困难；处于不良地质地段的设计边坡，不及时检查处理或按设计要求加固，可能造成边坡坍塌或其他形式的破坏；已开挖边坡上的松动岩块不及时清除，可能砸伤施工人员或砸坏施工设备等。

13.0.4 基础面尺寸用测量方法检查，执行 DL/T 5173—2003 的规定。钻孔声波观测方法不但在爆破试验中广泛采用，许多水电水利工程也用来检查基础岩体开挖质量，应按 DL/T 5368 的有关规定进行。

附录 C 之式（C.1）的标准，在爆破试验中用作判断爆破破坏范围；在检查基础岩体开挖质量时，则用来判断其优劣。采用钻孔声波观测方法和附录 C 之式（C.1）的标准检查和判断基础岩体开挖质量，一般能满足要求。采用设计规定的方法与标准，有如下含义：

1 特殊情况下，若设计要求对基础岩体进行其他（如强度、透水率等）方面的检查，则由设计规定相应的方法与标准。

2 附录 C 之式（C.1）的标准较严，以其评价基础岩体开挖质量，对水工建筑物的安全稳定有利，但由于水工建筑物的级别或重要性有差别，不同部位对基础岩体开挖质量的要求也有差异，因此，在采用钻孔声波方法检查时，设计可根据不同情况予以区别，提出比附录 C 之式（C.1）稍宽或更严的标准。

13.0.5 对基础处理的规定：

BJGD

1 欠挖的基础面要进行处理。

2 反坡对水工建筑物的安全稳定不利，故要处理。

3 尖角易使水工结构产生局部应力集中，故要处理。

4 条文所述情况如不清除或处理，将影响混凝土与基础面的结合和水工建筑物的稳定。

5 对条文所述不良地质因素和各种洞井等情况，应按设计提出的处理范围（高程或深度）和方法进行处理。

6 某些种类岩石遇水或气温变化、阳光暴晒等极易风化，设计可根据实际情况和当地条件，提出处理或防护意见，如采用喷浆覆盖，或在基础面上预留一定厚度岩体（在上部水工建筑物施工前再进行开挖）等办法，但后者要以重新开挖是否方便和对其他施工是否有干扰来论证其可行性。

7 全强风化岩层遇水易泥化，高压水冲洗可能对边坡岩体造成进一步伤害，因此，宜采用清扫和高压风冲相结合的方式清理坡面。

8 其他要求因具体情况而定，如按有关设计、某些部位的特殊要求等。

13.0.6 若不及时进行终检验收，将延误基础面上的下一道工序施工，或者难以进行终检验收。

13.0.8 根据现行 DL/T 5109—1999 的规定，竣工地质图由地质勘测单位测绘，竣工地形图归承担开挖的施工单位测绘。

13.0.9 下一道工序包括整修、清仓、立模和浇筑混凝土或锚喷（喷浆）支护及其他形式的施工。临时支护除外。

BJGD

155083.1830

销售分类建议：规程规范/
水利水电工程/水利水电施工

中华人民共和国电力行业标准
水工建筑物岩石基础开挖
工程施工技术规范
DL/T 5389 — 2007

*

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）
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2007年12月第一版 2007年12月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 2.125印张 51千字
印数 0001—3000册

* *

统一书号 155083·1830 定价 10.00元

敬告读者
本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换
版权专有 翻印必究

BJGD