

# 静态爆破技术在水电工程中的推广及应用

高建

(中国水利水电第十工程局有限公司 二分局,四川 都江堰 611830)

**摘要:**静态爆破施工技术安全可靠等优点明显,适应性强、应用广泛,并且可根据破碎剂性能设计适当的参数,能够达到有计划地分裂、切割岩石和混凝土的目的,从而大大降低了安全风险,增强了操作的可控性。该项技术已在市政工程、桥梁等建筑物改造工程等施工中得到了成功的应用,积累了丰富的经验,值得推广及应用。

**关键词:**水电站工程;静态爆破技术;安全;推广及应用

**中图分类号:**TV7;TV542;TV52

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2014)02-0008-03

## 1 工程概述

甲岩水电站位于云南省禄劝县境内,装机容量24万kW。厂区尾水混凝土全年围堰顶宽0.7m,堰体底宽2.625m,堰底承台宽6.2m、高0.8m,围堰总高10m,长约34m,堰体为C20素混凝土结构,围堰混凝土工程量为646m<sup>3</sup>,围堰两端连接尾水上下游护岸。

由于尾水混凝土围堰紧临发电厂房,若使用常规爆破进行施工,将会产生较大的震动、空气冲击波、飞石等。为避免对厂房各建筑物及机电安装等产生影响,通过对施工现场的具体情况进行调查并经过技术经济比对分析,最终研究决定采用安全的静态爆破+炮锤式挖掘机破碎法施工技术进行施工。

## 2 静态爆破技术

### 2.1 静态破碎法的发展及现状

最早的静态破碎技术及静态破碎剂可追溯到1968年的日本。国内的静态爆破及理想的静态破碎剂自20世纪80年代初以来也先后研制成功。但由于市场、原材料、技术、体制等诸多原因,静态破碎及静态破碎产品没有得到进一步的开发和广泛应用。近两年来,随着炸药的使用越来越多的受到限制,以及生态、环保等各方面的要求,静态破碎剂越来越受到人们的青睐,并逐步广泛地应用于各种工程实践中。

### 2.2 静态破碎法的优、缺点

(1)不属于危险物品。传统的爆破技术通常以烈性炸药作为主要破碎剂,其在购买、运输、贮

存、操作等过程中都具有一定的危险性,而静态破碎剂只有在一定的化学条件下才会发生预定的化学反应而实现爆破目的,安全、易管理。无声破碎剂属建材类产品,产品标准归类于《水泥制品》中,代号为:JC506-92,为非易燃易爆危险品,在购买、运输、保管、使用中安全可靠,不受国家危险品、爆炸品管理法规限制。

(2)施工过程安全。在传统的爆破工艺施工中,炸药爆破时会产生强烈的震动、空气冲击波、飞石、噪音、有毒气体和粉尘等危害,而静态爆破法施工不会产生上述危害。

(3)施工简单、易操作。在静态爆破法施工过程中,将破碎剂用水拌合后灌入炮孔即可,无须堵塞;不需专业工种,操作方便,工作效率、经济性好,操作人员培训时间很短。

(4)需破则破,需留则留。结合所使用的破碎剂性能,按照相关要求,设计适当的参数即可达到有计划地分裂、切割岩石和混凝土的目的。

(5)反应时间可控。最大膨胀力可在15min内出现,反应时间还可在15min至12h之间调节。

(6)保质期长。在包装无破损,存储地干燥,基本恒温(16℃~32℃)的条件下,保质期为18个月。

(7)静态破碎剂的使用范围具有一定的局限性。与传统破碎剂——炸药相比,静态破碎剂的能量不如炸药大,施工中钻孔多,破碎效果受气温及施工人员的经验影响较大。一般在不允许使用爆破方法的环境中才显露出其优越性。由于静态

收稿日期:2014-03-22

破碎法的特殊施工工艺,该方法亦不适用于多孔体(或存在裂隙)和高耸结构。

### 3 静态爆破施工方案

#### 3.1 静态爆破法

首先确定当地气温、药剂温度、拌合水温度、混凝土体温度、容器温度是否与要求相符合;检查药剂包装是否破损。操作前需准备以下材料:药剂、洁净拌和水、盛水桶、拌和盆和水瓢、桶棍(水平灌装)、防护眼镜、橡胶手套、备用洁净水和毛巾。

##### (1) 设计布孔。

布眼前,首先要确定至少有一个以上的自由面(临空面),钻孔方向应尽可能做到与自由面平

行;切割岩石或混凝土时同一排钻孔应尽可能保持在一个平面上。自由面越多,单位破石量就越大,经济效益就更高。破碎方案确定后,使用钻机钻孔。关于孔径、孔距、孔深和破碎的设计,应根据被破碎物的具体情况而定。如混凝土结构,有无钢筋、钢筋直径、排列情况;岩石结构的性态、节理、被破碎物的大小等;孔距与排距(抵抗线距离)布置,孔距与排距的大小与岩石硬度、混凝土强度及布筋有直接的关系,硬度越大、混凝土强度越高、布筋密、钢筋粗时,孔距与排距越小,反之则大。对于孔距与排距的布置,根据施工经验,笔者提出了以下钻孔数据,供参考(表1)。

##### (2) 钻孔。

表1 静态破碎剂布孔设计参数表

项目	岩石硬度				素混凝土	钢筋混凝土
	F=4	F=6	F=8	F=12		
孔径/mm	32~40					
孔距/cm	20~50	20~40	15~30	15~20	20~30	10~20
排距/cm	20~80	20~50	15~40	15~30	20~40	10~30
抵抗线/cm	100~200				30~60	20~30
孔深	90% H				80% H	90% H
用量/kg·m <sup>-3</sup>	5~12	8~10	10~15	12~15	8~12	15~20

注:表中F为岩石硬度;H为拟爆破高度。

本工程围堰破碎分层布孔情况见图1、2。

##### (2) 钻孔。

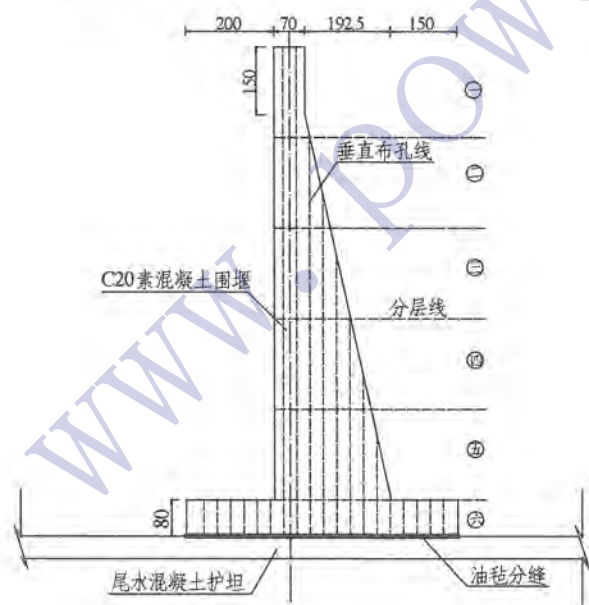


图1 堰体体型断面及分层、布孔示意图

①钻孔的直径与破碎效果有直接的关系。钻孔过小,不利于药剂充分发挥效力;钻孔太大,易冲孔。根据以往经验,本工程采用钻孔直径为 $\varphi 42$ 。

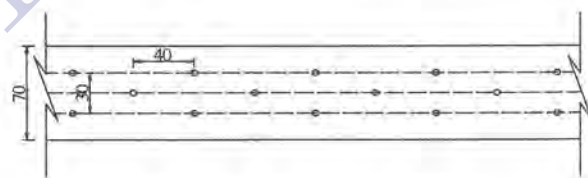


图2 第一层布孔平面示意图

②钻孔内的积水和余渣应用高压风吹洗干净,孔口旁应干净、无土石渣。用木杆和棉丝将孔内的存水吸尽,并向孔内装填少许破裂剂干粉,用于吸潮。

③钻孔深度和装药深度。钻孔深度为目标破碎体的80%~90%;对于大体积需要分步破碎的混凝土块,钻孔深度可达到4m左右。装药深度为孔深的100%。

##### (3) 装药。

①对于向下和横向的眼孔,可在药剂中加入22%~32%(重量比)左右的水(具体加水量由颗粒大小决定)拌成流质状态(糊状),待其均匀后灌入钻孔内,倒满为止,每m、直径42mm的孔需要膨胀剂约2.1kg,即每m<sup>3</sup>混凝土使用膨胀剂约23.3kg。用药卷装填钻孔时,应逐条捅实。将粗

颗粒药剂的水灰比调节到0.22~0.25时静态破碎剂的流动性较好;将细粉末药剂水灰比调节到32%时流动性较好,亦可以不通过捅实过程向下灌装捣实较方便,根据具体情况,采用“由上至下,分层破碎”的施工方式,以方便人工操作。

②装药完成后约3~5h为混凝土开裂时间,裂缝大约为2~3cm宽。混凝土开裂后,向裂缝内加水以支持药剂持续完全反应,可获得更好的效果。

③对于本工程较大体积的素混凝土破碎施工,操作人员的协调配合很重要。应采用多分灌装小组的方式,每组由主副两名灌装手组成。取药搅拌时,主灌装手负责取药的量和搅拌,副灌装手负责确保将药剂捣实,采取隔孔装填的方式灌入破裂剂,完成后用旧麻袋覆盖孔口,防止冲孔伤人。每次的拌药量不能超过实际能够完成的工作量。各灌装小组在取药、加水、拌药、灌装过程中应基本保持同步并保持相对距离进行(以免相互影响和冲孔而发生安全事故),每孔内药剂的最大膨胀应基本保持同期出现,有利于混凝土的破碎。

④在每次装填的过程中,对于已经开始发生化学反应的药剂(表现为开始冒气和温度快速上升)不允许装入孔内。从药剂加入拌和水到灌装结束的过程时间不超过5min。

#### (4) 药剂反应时间的控制。

药剂反应的快慢与温度有直接的关系,温度越高,反应时间越快;反之则慢。实际操作中,控制药剂反应时间太快有两种方法:一种是在拌和水中加入抑制剂;另一种方法是控制拌和水、干粉剂和混凝土的温度。如果气温较高,破碎前应将被破碎物遮挡,将药剂存放在低温处避免其暴晒。将拌和水温控制在15℃以下。药剂(卷)反应时间过快易发生冲孔伤人事故,可采用延缓反应时间的抑制剂,将抑制剂放入浸泡药剂(卷)的拌和水中,加入量为拌和水的5%~6%。冬季加入促发剂并提高拌和水温度。拌和水的温度不可超过50℃。将反应时间控制在30~60min较好,条件较好的施工现场可根据实际情况缩短反应时间,以利于施工。

### 3.2 炮锤式挖掘机破碎

一次静态爆破完成后,对于爆破产生的一些

相对较大的混凝土块,采用炮锤式挖掘机将其破碎到需要的大小,然后用挖掘机与自卸汽车配合,装运弃渣到指定地点。

#### 4 注意事项

(1)每次装填药剂时都要观察确定岩石孔壁、药剂、拌和水、搅拌桶的温度是否符合要求。

(2)一般在装填浆体后30~60min开始出现裂缝,其后缝隙会越来越宽(膨胀时间最长为48h)。在现场灌装过程中,切不可将已经发烫和开始冒气的药剂装入孔内。从药剂加入拌和水到灌装结束,整个过程的时间不应超过5min;操作时应注意观察装填孔,发现气体冒出、有“嘶嘶”声时,喷孔可能立刻就要发生,要立即停止装药。

(3)必要时人为创造自由面。

自由面是被破碎的岩石、混凝土等材质与空气接触的面,又叫临空面。自由面在工程破碎中起着非常重要的作用,有了自由面,破碎后的岩石才能向这个面破坏和移动。在工程中,为了控制破碎效果,常常人为地创造自由面。在长期的实践中,人们总结了一条简单的经验:自由面多,破碎效果好。本工程围堰结构的自由面状况较好,有利于控制破碎效果。

(4)必须戴好安全帽、防护眼镜,穿好劳保工作服、工作鞋和橡胶手套。施工人员未戴好劳保用品,属安全违章,是不可预见和不可完全控制的因素。冲孔产生的原因较多,大致有以下几种:①操作人员操作不当,操作时间太长,包括药剂已经发热、冒气但仍在灌装,装填不密实有空气隔层等;②温度控制不当。气温高时,拌和药剂、钻孔壁温度控制不当,抑制剂药量不够,致使药剂反应过快等;③布孔设计不当;孔距及抵抗线过大;④钻头选择不当,钻孔直径过大;⑤孔壁光滑等。

(5)冲孔时药剂温度较高且有腐蚀性,冲入眼内可能会对角膜造成严重损害。为防止伤人事故的发生,操作人员必须戴符合国家安全生产标准的防冲防尘PVC劳保眼镜等劳保用品进行操作,并在装好药5h内,不得接近装好的药眼上方俯视(即扑看)。

(6)在药剂灌入钻孔到混凝土开裂前,不可将面部直接面对已装药的钻孔。药剂灌装完成后,盖上麻袋或棕垫,远离灌装点。观察裂隙发展  
(下转第27页)

缝,应力较复杂,且月牙肋板为 Z 向受力,容易产生撕裂,焊接时应由肋板侧向支管侧过渡焊。

(4) 月牙肋处相贯线组合缝清根和焊接时应预加热,并保持预热温度。

#### 8.5 焊后处理

该岔管材质为 WDB620 高强钢,壁厚为 850 mm 和 858 mm,月牙肋厚度为  $\delta 120$  和  $\delta 100$ ,根据规范要求,焊后不再进行退火处理。但为了保证岔管焊接质量,以利于焊缝应力的释放,焊后应做后热处理,后热温度为  $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,后热在焊后立即进行,保温时间不少于 1 h。

#### 9 结果与结论

(1) 经过 1、2 号岔管施工制造的实施,岔管各管片及各管锥组装间隙、错牙、圆度、尺寸等符合要求。焊缝外观合格、100% 的无损探伤全部合格、30 张射线拍片合格。

(上接第 10 页)

情况时应更加小心。此外,施工现场应专门准备好清水和毛巾,冲孔时药剂溅入眼内或皮肤上应立即用清水冲洗,严重者立即送医院清洗治疗。

(7) 在破碎工程施工中需要改变和控制反应时间,必须依照规定加入抑制剂或促发剂,并按要求配制使用,严禁擅自加入其它任何化学物品。

(8) 严禁将破碎剂加入后装入容器内(入直口玻璃、啤酒瓶等),否则非常危险。

#### 5 结 语

静态爆破开挖是一种新型的开挖方式,在甲岩水电站工程应用中,爆破取得了良好的效果。特别适用于不宜于采用炸药爆破的场合进行破碎或拆除作业,其使用安全、效率高、无飞尘、无噪声、不需要中断交通、停工停产,适宜用于机关学校、公共场所及住宅旁的破碎施工以及禁止出现

(2) 展开计算对管片压制、岔管组装质量起到了非常重要的作用。

(3) 工艺评定是焊缝质量的重要保证。针对岔管不同钢种的焊接匹配、工艺参数的确定提供了基础资料。

(4) 模具及测弧样板保障了管片压制的精确性。

(5) 偶算对称退步不间断焊接是岔管大量集中焊缝一次性合格的重要保障。

作者简介:

邓智勇(1967-),男,四川大英人,高级工程师,学士,从事金属结构制造技术与管理工作;

黄成林(1977-),男,四川宜宾人,工程师,从事金属结构制造技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

点燃明火的炸药库、危险品仓库、军火库旁的破碎拆除施工;不允许和不适宜出现强烈震动的破碎施工,如建筑物保留拆除、边坡险情处理、地下工程中挖掘和排除巨石;不允许和不适宜出现巨大声响和噪声的破碎施工,如城市深夜的破碎施工等;城市大型混凝土基础拆除,水利、桥墩、隧道等静态破碎施工的工程,保留部分岩石和混凝土完整性以及结构强度要求不能受到任何损害的破碎拆除。静态爆破施工技术是常规炸药爆破的一种发展、延伸,经济效益和社会效益明显,值得推广和应用。

作者简介:

高 建(1975-),男,河南信阳人,党委书记、副局长兼项目经理,高级工程师,注册一级建造师,学士,从事水电工程施工项目技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

### 杨房沟水电站环境影响报告书顺利通过评审

2013 年 12 月 29 ~ 30 日,雅砻江杨房沟水电站环境影响报告书顺利通过环境保护部环境保护评估中心的评估。水电水利规划设计总院、四川省环境保护厅、四川省环境工程评估中心、四川省凉山州环境保护局、雅砻江流域水电开发有限公司、华东勘测设计研究院等单位的代表与特邀专家参加了会议。会前,部分专家和代表查勘了工程现场。评估会上,环保部评估中心及专家组对报告书进行了认真的评估,并对报告书内容与编制质量给予了充分肯定。专家组认为:雅砻江杨房沟水电站环境影响报告书的编制依据较充分,评价等级、评价范围与评价因子的选择适当,工程与区域环境的概况介绍基本清楚,与相关规划的符合性、协调性分析内容较全面,工程分析与环境影响总体反映了拟建项目的环境影响特征,所提出的环保对策措施基本可行,评价结论总体可信。在落实报告书与本次技术评估会提出的各项环保措施后,从环境影响的角度分析,本工程建设是可行的。会议同意杨房沟水电站环境影响报告书通过评审,从而为项目能得到环保部的批复和核准建设迈出了重要的一步。