

# 静态破碎剂在非洲坚硬岩石欠挖处理中的应用

后兵, 张奎圣

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

**摘要:**介绍了西非苏布雷电站尾水储门槽欠挖处理时采取的静态破碎方法。因国内静态爆破参数在非洲极硬的花岗岩中应用效果不佳,现场通过多次试验得到了适合非洲坚硬岩石的爆破技术参数,顺利完成了储门槽的欠挖处理。

**关键词:**苏布雷电站;花岗岩;欠挖处理;静态破碎;爆破参数;水灰比;孔口封堵

中图分类号:TV7;TV52;TV542

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2020)03-0085-03

## Application of Static Crushing Agent in Underbreak Treatment of Hard Rock in Africa

HOU Bing, ZHANG Kuisheng

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

**Abstract:** This paper introduces the static crushing method adopted in the underbreak treatment of the tailrace gate slot of the Soubre Hydropower Station in West Africa. Due to the poor application effect of domestic static blasting parameters in the extremely hard granite in Africa, the blasting technical parameters suitable for the hard rock in Africa have been obtained through many tests in the field, and the underbreak treatment of the gate slot has been successfully completed.

**Key words:** Soubre Hydropower Station; granite; underbreak treatment; static crushing; blasting parameters; water cement ratio; orifices blocking

### 1 工程概述

苏布雷项目位于西非科特迪瓦境内,地处低纬度地区,属于热带季风气候,全年平均温度约26.5℃左右。苏布雷电站为萨桑德拉河上的第二座梯级电站,萨桑德拉河发源于几内亚高原东部,自北向南流,在萨桑德拉港注入几内亚湾。电站安装3台混流式机组(单机容量90 MW)和1台5 MW贯流式机组,总装机容量为275 MW,年发电量1 038 GW·h,是科特迪瓦目前最大的水电站。厂房为坝后式地下厂房,基坑为坚硬的花岗岩(饱和抗压强度120 MPa),尾水检修门储门槽位于厂房下游右岸基坑临边区域。由于当时开挖工期紧,施工过程中欠挖处理不到位(临边最大欠挖超过190 cm),直至工程施工中期,储门槽周围结构已经开始混凝土浇筑,若再实施动态爆破处理欠挖将会对混凝土结构产生影响(哪怕再小的爆破都会被监理工程师否决),所以只能采用静态破碎方案<sup>[1]</sup>。尾水储门槽欠挖剖面见图1、2。

### 2 最佳技术参数的确定

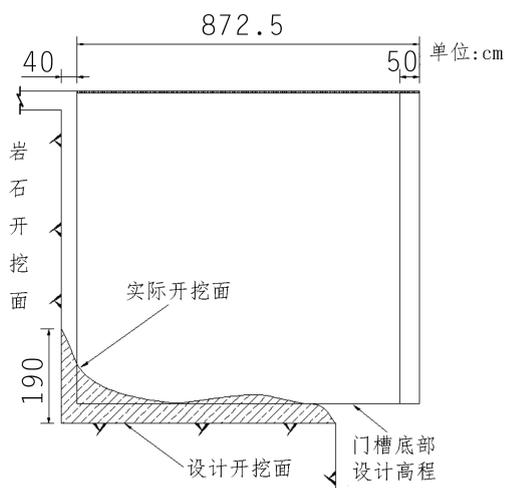


图1 储门槽最大欠挖断面图

#### 2.1 原参数试验

项目部采购的静态破碎剂<sup>[2]</sup>的原设计参数见表1。所采用的钻头直径均为40 mm。首先按照说明书上的参数进行了初步试验。考虑到储门槽所处岩石为花岗岩,属于极硬质岩石,故选择第二行参数(中、硬质岩石破碎),初选孔距为40 cm,

收稿日期:2020-04-10

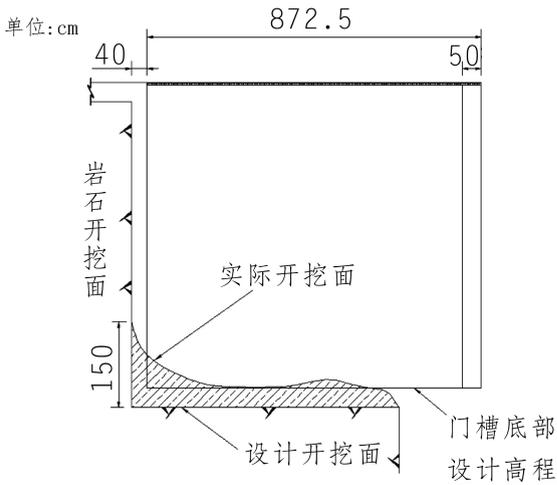


图 2 储门槽平均欠挖断面图

用手风钻造孔，深度选择 1 m，将一小片区域造孔完毕，用风管将孔吹干净，将膨胀剂按规范调好注入，经过 1 d 发现没有多大变化，只是在面层产生了一条很细的裂纹。初次试验是完全按照说明书的参数进行的，然而效果并不理想。

## 2.2 现场技术参数的调整

### 2.2.1 孔距的确定

再次试验时将孔距调整为 35 cm，深度依旧选择 1 m，造孔、吹孔、装药。然而，最终效果仍不明显，可能是由于岩石确实较硬，经过多次试验后，最终将孔距调整为 15 cm 时产生的裂纹较明显，并且还是在有临空面的一侧，而远离临空面的地方还是达不到开裂的效果。采用风镐将有裂纹

表 1 静态破碎剂造孔参数表

被破碎物体	钻孔参数				药剂使用量 / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
	孔径 $d$ /mm	孔距 $a$ /mm	抵抗线 $W$ /cm	孔深 $H$	
软质岩破碎	40~50	40~60	30~50	1	8~10
中、硬质岩破碎	40~65	40~60	30~50	1.05	10~15
软硬质岩石切割	35~40	20~40	100~200	1	5~15
无筋混凝土	35~50	40~60	30~40	0.8	8~10
钢筋混凝土	35~50	15~40	20~30	0.9	15~25
基础、柱、梁、板、墙	35~50	10~30	20~30	0.9	15~20

注： $H$  为物体计划破碎高度。

的岩石都凿开，发现只有面层 40 cm 有裂纹，40 cm 以下无反应，所造的孔为 1 m 深，破碎效果只能达到 40~50 cm 左右。

### 2.2.2 孔深的确定

通过一组试验，在距临空面 20 cm 的地方造一排孔，数量为 14 个，间距为 15 cm，孔深依次递

增，分别为 40 cm、50 cm、60 cm、70 cm、80 cm、90 cm、100 cm，同一孔深相邻造两个孔，装上破碎剂，经过 8 h，待反应完全结束，整块岩石被竖切割开来<sup>[3]</sup>，随后将开裂的岩石凿开，试验效果见图 3，观察到有效作用深度的情况见图 4，最后确定 50 cm 为最佳孔深。



图 3 试验效果图

## 2.3 膨胀剂水灰比调试试验

按照说明书要求配置的药剂作用时间比较

长，往往在 5 h 以上。按照这种方式处理，工期上是不满足要求的。项目部采取的应对措施是进行

试验,不断调整水灰比,发现反应时间和膨胀剂的稠度有关<sup>[4]</sup>,最终发现将膨胀剂调制的很稠呈糊状并搅拌均匀后装入炮孔内,经过 20~30 min 即开始有反应,岩石有裂隙产生,有些孔内的药效太

猛直接向上喷射出来,粉末四溅。最后发现,破碎剂向上喷射出的孔基本没有产生裂隙或裂隙很小。初步推断是由于膨胀力来不及向四周扩散而直接向上释放的缘故。

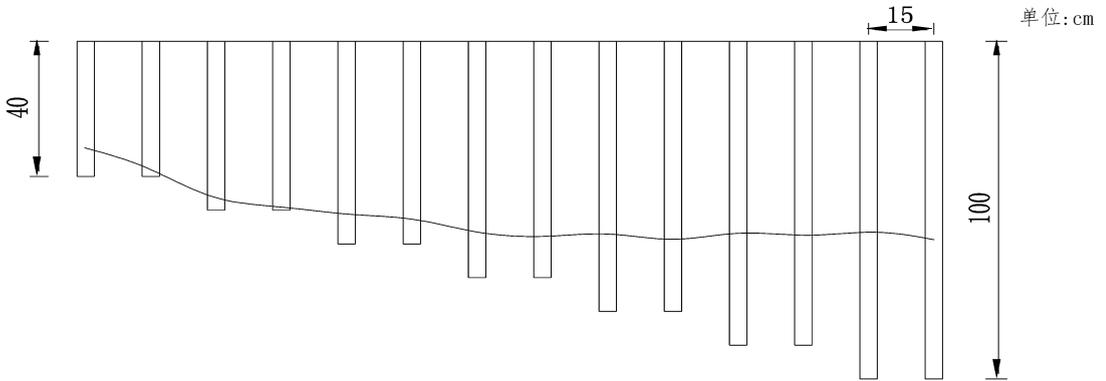


图 4 有效深度曲线图

#### 2.4 封堵试验

由于破碎剂向上喷射出的孔试验效果并不好,故考虑待孔内装完药后将其封堵后进行最后的封堵试验。(1)造孔。从欠挖区边界开始造孔,以保证有足够的临空面,将孔距调整为 15 cm,孔深设计为 0.5 m。(2)清孔。将手风钻造好的孔用高压风管清理干净并确保孔内无积水。(3)配置药剂。按照 0.5 : 1 的配比,将膨胀剂先倒入皮桶内,再向内加入一定量的清水,将其调制呈糊状,搅拌要迅速且均匀,搅拌过程中可能会伴随轻微发热。(4)装药并堵塞。将配置好的药剂迅速装入孔内,配置过程中操作人员必须带上防护用品,装药完毕采用事先加工好的木楔将孔封堵。(5)试验结果。在药剂装入后的 20 min 左右开始产生反应,岩石开始产生裂纹,待裂纹不再发生变化后观察裂缝的数量与深度,试验效果良好,基本能满足施工要求。

#### 3 操作注意事项

(1)膨胀剂初始状态为粉末状,类似于面粉,故在搅拌时应避免被吸入体内,操作人员需带上防护眼镜、口罩和橡胶手套。

(2)需用清水搅拌,否则可能影响水灰比。

(3)洗孔一定要干净,否则会影响破碎效果,如果是处理岩壁处的欠挖,岩壁的裂隙可能会向下渗水,因此,必须将孔内的积水清除干净。

(4)装药时可利用漏斗,将膨胀剂快速地注入并用木棒检查其是否完全注满。

(5)装完药后用自制的木楔子将孔堵上,封紧。

#### 4 结语

苏布雷水电站尾水储门槽开挖时欠挖,后期采用静态破碎剂膨胀挤压法进行处理,先采用破碎剂将岩石挤压出裂隙,然后再用风镐沿着岩石裂隙凿碎<sup>[5]</sup>,在不影响周边混凝土结构稳定性的情况下,成功地对欠挖进行了处理,并且通过调整孔距、孔深、膨胀剂水灰比等试验得到了一组适用于非洲坚硬岩石静态爆破的技术参数,将反应时间控制在 30 min 左右,为欠挖处理节约了大量的时间。

#### 参考文献:

- [1] 林月华. 静态破碎法在隧洞施工中的应用浅析[J]. 吉林水利, 2008, 28(9): 46-48.
- [2] 亢会明, 刘涛, 张建良. 静态破碎剂在抗滑桩坚硬岩石开挖中的应用[J]. 施工技术, 2004, 33(9): 63-64.
- [3] 王知深, 王海亮. 静态破碎技术在坚硬岩质矿井开挖中的应用[J]. 爆破, 2013, 30(3): 58-61.
- [4] 葛进进, 徐颖, 郑志涛. 水剂比对静态破碎效果影响的试验研究[J]. 煤炭技术, 2017, 36(2): 175-176.
- [5] 张科专. 静态破碎技术在开挖坚硬岩石中的应用[J]. 爆破, 2003, 20(4): 96-97.

#### 作者简介:

后兵(1991-),男,安徽芜湖人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

张奎圣(1992-),男,四川广元人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)