

水下岩塞爆破

水利电力部东北勘测设计院水下岩塞爆破小组

在毛主席革命路线指引下,我国人民意气风发,敢想敢干,改造山河。从东川口一声巨响,定向爆破筑坝成功,接着南水、石砭峪,不断传来定向爆破筑坝的胜利。从大寨移山改土造平原取得成功经验,到211水下岩塞爆破首次胜利,爆破技术从地面定向筑坝、开渠、造田,发展到水下打通取水口,标志着我国爆破技术在深入发展。各项爆破新技术的成功,都为加快水电建设施工,积累了宝贵的经验,提供了可贵的资料。

本文就水下岩塞爆破的特点、设计、施工方法以及爆破震动对建筑物的影响,作重点的介绍。

一、水下岩塞爆破的特点

在已建成的水库或天然湖泊中,如果有取水灌溉、发电、泄洪的需要,就必须进行取水口工程。在深水下打通取水口,一般采用围堰施工,或水下岩塞爆破施工。什么叫水下岩塞爆破呢?就是利用库边地形或湖底,先开挖引水隧洞的后部,在引水隧洞的前部即取水口部位,留个岩石的塞子,待隧洞全部施工好,一次把岩塞爆破,打通取水口,就叫水下岩塞爆破。

采用围堰施工来修建取水口,要受库水位的影响,有水中和水下施工作业,如库水位过深,围堰工程量较大,取水口建成后,围堰尚需拆除,相当麻烦。水下岩塞爆破有其独特的优越性。第一,它可利用库边或湖底进行开挖工程,不受库水位涨落的影响或季节条件的限制;第二,省去围堰工程量,节约大量材料、劳力及运输设备;第三,岩塞爆破施工,工效高,工期短,投资低廉。对于已建成的水库,特别是在正常运行中有发电水位要求,而修建深水围堰较困难的大库,采用水下岩塞爆破,打通取水口,是一种较好的施工方法。

水下岩塞爆破形成的取水口处于深水运行情况,爆破后取水口周壁没有条件再进行混凝土衬

砌或其他加固措施,这就必须在采用水下岩塞爆破施工时要求达到“爆通、成型、安全”。因而在选择取水口时,应注意岩塞的地形、地质构造,特别是断层情况。选定岩塞位置要作综合考虑,既要满足岩塞体稳定以便利施工,又要有符合运行要求的过水断面,创造较好的水力条件。爆破设计要正确选用各种爆破参数、合理的药量及药包布置型式。考虑爆破振动影响,要保证取水口周围岩壁完整稳定。爆破施工要简单、安全、稳妥,爆破网路要严格检查,要求一次爆通。岩渣处理依据工程作用不同,可采用集渣方式或泄渣方式。

爆破时应进行必要的科学观测,不断积累资料,推动该项新技术的发展。

二、水下岩塞爆破设计方案的选择

(一) 岩塞位置及尺寸

岩塞位置的选定,要依据引水洞的使用条件及岩塞部位的地形地质因素,进行较高精度的水下地形测量和勘探,详细查明水下岩塞部位的复盖层厚度、岩石风化程度及地质构造,特别是断层及节理的走向、倾角及胶结情况。地质条件对岩塞口的成型及施工安全有很大影响。岩塞部位应选在岩石较好的地段,尽量避开不利的断层及节理构造,但岩塞部位有些小断层或地质条件稍差,有时也不可避免。如211工程的岩塞处在半风化绿泥石片岩和花岗闪长岩中,节理裂隙发育,岩石透水性较强,经过试验,采取措施,成功地在24米深水下进行了直径为6米的岩塞爆破。

岩塞开口尺寸,要满足必要的过水断面,尽量使水流平顺,避免冲刷岩塞的边坡。同时岩塞尺寸应尽量减小,以减轻爆破的振动影响及渣坑工程量。

岩塞厚度的选择,应在确保施工安全的前提下力求最薄。要充分考虑多方面的影响因素,特

别是地质条件,如塞体岩性、强度、岩石节理裂隙、断层、地下水情况等;同时要考虑上部水压力、岩塞跨度及倾角等因素。根据工程实践经验,岩塞厚度一般为1.0—2.0倍于岩塞直径,国内几个工程岩塞厚度如下表:

表 1-1

工程名称	211 工程	250 试验工程	250 工程	310 工程
岩 性	绿泥石片岩、花岗闪长岩	变质砾岩	变质砾岩	闪长岩
湿抗压强度 公斤/厘米 ²	516—1105		1500—2300	
风化情况	全为半风化	全风化0.5米 半风化5—7米	全风化1.0米 半风化4—6米	半风化3—3.5米 以下为微风化
爆破水深H (米)	24	8.2	22.0	23.0
岩塞跨度D (米)	6.0	6.0	11.0	8.0
岩塞厚度h (米)	11.5	8.3	15.0	8.0
h/D	1.93	1.38	1.36	1.0

关于岩塞厚度问题,211工程曾在现场做过试验。模拟岩塞跨度为6米,岩塞厚度第一阶段为6米,第二阶段为4.5米。经过压水试验,最大压力达6公斤/厘米²,岩塞岩体引起弹性变形,而残余变形很小,分析认为岩塞厚度承载能力可按剪切破坏进行校核。

岩塞倾角的选择,结合地形条件考虑水流平顺及运行中少量坍塌物不至堵塞咽喉部位,一般为45°—60°。

(二) 药室布置及爆破网络

1. 药室布置

药室布置是爆破方案中的重要问题。岩塞爆破一般采用洞室爆破。药室布置可为单层药室与多层(2—3层)药室。

单层药室可布置在岩塞中部距湖底稍远的地方,导洞较短,施工较方便、安全,但成型条件稍差,用药量略多。药包布置的位置,要考虑岩石重力作用及水压力等方面的因素,要使上下两方面的阻力相等,或向湖内的爆破力稍大于向洞内的爆破

力,以防爆破能量向洞内集中逸出,爆不开岩塞口。根据310工程现场试验,药室上下部岩石厚度比值为1:1.1—1:1.25为好。单层药室布置情况如图1-1。

多层药室方案装药分散,成型条件好,总用药量也略少些,但施工增加了一些困难。多层药室布置方案如图1-2,设药室共分三层,上、下层药室主要是把岩塞爆通,达到一定的开口尺寸,然后借助于中层药室进一步扩大并使之达到设计断面。

药室开挖可分为环形、王字形等型式。环形药室的药量分散开口条件好,但施工较困难。王字形药室由于施工方便,国内几个工程,均采用这种型式。

2. 药量计算及爆破参数选择

水下岩塞爆破药量计算,目前尚没有合适的计算公式,设计时仍以鲍氏公式为基础,再增加一定的药量 ΔQ 加以修正。鲍氏公式为

$$Q = KW^3(0.4 + 0.6n^3) \quad (1)$$

式中 Q 为药量(公斤); W 为最小抵抗线(米), n 为抛掷指数, K 为单位耗药量(公斤/立方米)。

1) n 值的选择: n 值为爆破漏斗半径与最小

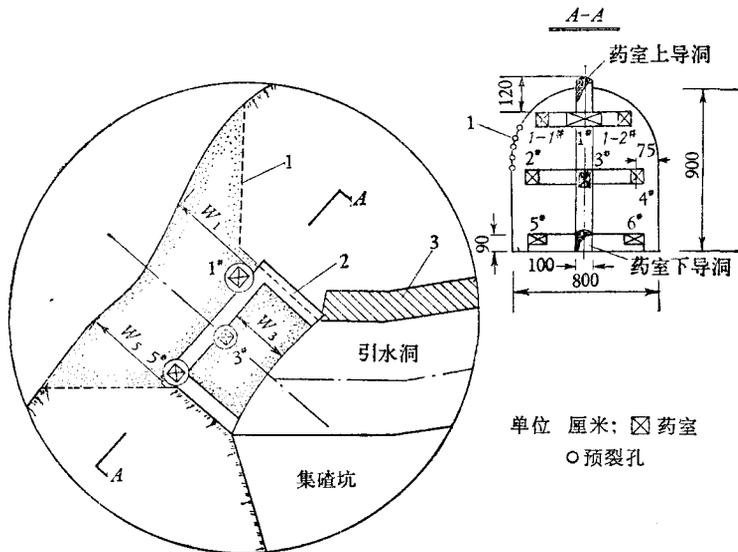


图 1-1

1——预计破裂线; 2——药室导洞; 3——混凝土衬砌。

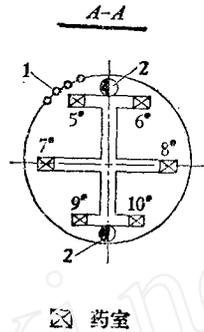
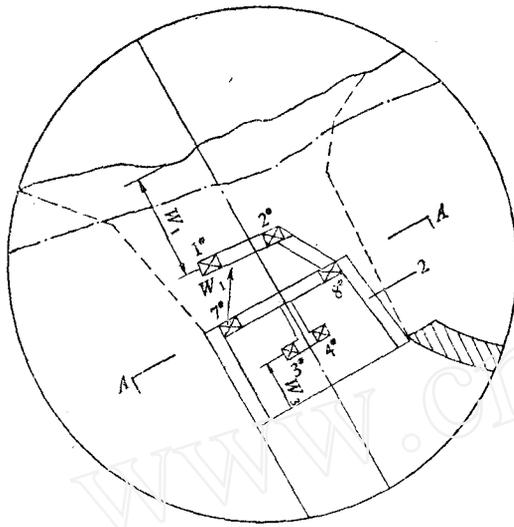


图 1-2
1——预裂孔；2——药室导洞；
1#2# 上层药室 7#8# 中层药室 3#4# 下层药室

抵抗线之比。水下岩石爆破中,因水的影响,抛掷作用不易得到充分发挥,所以可不考虑抛掷条件,而主要考虑爆破漏斗的开口尺寸及爆破岩石块度。211工程选用爆破指数 $n=2.3$,属于加强抛掷爆破,但实践表明,抛掷作用没有得到发挥,因而建议水下岩石爆破时 n 值可适当降低。250,310等工程, n 值均不考虑抛掷条件。如250试验工程, n 值选为1.25—1.75;250工程正式爆破设计, n 值选为1.0—1.4(上层药包 $n=1.4$,中层药包 $n=1.2$,下层药包 $n=1.0$)。310工程正式爆破设计为单层药室, n 值选为0.75—1.5,该工程考虑选用 n 值的因素是:上部药包考虑对洞脸岩石要产生最小的振动,防止影响洞顶边坡稳定, n 值选为0.75;中部药包采取松动爆破, n 值选为0.75—1.0;底部药包除克服水的阻力外,还要克服岩石的夹制作用, n 值选为1.25—1.5。选用较小的 n 值,对于减少药量、降低爆破振动的影响,都有一定作用。

2) K 值的选择:水下岩石爆破和陆地爆破不同,选用 K 值时,必须考虑水对爆破的影响。水如何影响岩石的爆破,其机理目前尚不清楚,这里粗略比较一下水下岩石爆破和陆地爆破的区别,供爆破设计中选择 K 值时参考。

水下岩石爆破,岩石长期处于水饱和状态,强度降低;陆地爆破时,岩石上面为空气,水下岩石

爆破时,岩石上面是水,水的阻抗大于空气的阻抗,因此水下岩石爆破有一定的爆破能量逸入水中,导致岩石破坏范围缩小。

水的比重远大于空气的比重,在水的深度较大时,必须考虑水的反压力作用。

以上的分析说明,岩石的强度降低,破坏所需能量亦降低,加之饱和状态的岩石爆炸应力波衰减得慢,就这方面说水下岩石爆破时, K 值应比陆地爆破的小一些。但由于岩石上面

有水压力,因而炸开相同漏斗口时,要比陆地爆破增加一些用药量。初步认为,增加的药量 ΔQ 和比值 H/W 有关系。当 $H/W=0$ 时, $\Delta Q=0$,这相当于陆地爆破的情况。当 H/W 足够大时, ΔQ 不再随 H/W 变化。目前对水下岩石爆破时药量的增加,工程上采用了一些近似办法处理,如:1) 航道爆破和浅水爆破中,广泛采用折算抵抗线的办法。即把静水压力折合成一定的岩石厚度。2) 考虑水深的影响,采用加大 K 值的办法。国内几个工程的 K 值选用情况如表1-2(所用炸药均为胶质炸药。岩石情况和水深见表1-1)。

为了减小爆破振动影响及达到预想的效果,

表 1-2

工程名称	单位耗药量(公斤/立方米)
211工程	$K=1.45$
250工程(试验)	$K=2.0$
250工程(设计)	新鲜坚硬岩石 $K=1.8$
	半风化岩石 $K=1.6$
	表层覆盖土 $K=1.0$
310工程(试验)	$K=1.8$
310工程(设计)	$K=1.8$

3. 起爆顺序及起爆网路

在起爆系统中,通常用分段毫秒雷管控制各药包的爆破顺序。如250试验工程预裂孔为0毫秒,上下层药包为25毫秒,中间药包为75毫秒,爆后基本上达到了预想的效果。

为了控制岩塞爆破开口形状,减小爆破振动的影响,通常采用预裂孔措施,即在围岩周边打一圈预裂孔,爆破时预裂孔先爆,使一圈炮眼爆裂。预裂孔的间距、深度及装药量可通过试验确定。250试验爆破工程选用孔径 $\phi 45$ 毫米,孔深3米,间距30厘米的预裂孔,每米装药量260克(细药卷连续装药),爆后在成型方面取得了明显的效果。

起爆网路是关系到能否安全准爆的重要问题。起爆网路通常采用复式并-串-并的联结方式并加设导爆索网索,其结线方式与计算方法与一般定向爆破相同。

(三) 岩渣处理措施

根据实际爆破经验和水工模型试验,水下岩塞爆破产生的大量石渣,在岩塞打通后随水进入洞内,向湖水中的抛掷量是很少的。这些石渣必须妥善处理,不然会堵塞洞口或影响以后正常安全运行。

对岩渣处理有两种方法。一种是集渣,就是在岩塞下面的隧洞内,预先挖好一个集渣坑,爆破后岩渣在重力作用及水流冲击下,进入集渣坑。集渣坑的容积除保证容纳岩塞爆破下来的石渣外,并要求在运行中坑内石渣不被水流带走,这一点对于引水发电的工程尤为重要。集渣坑的型式,当洞内流速较小时,可采用较简单的矩形渣坑,如图1-3。当洞内流速较大时,为了避免在运

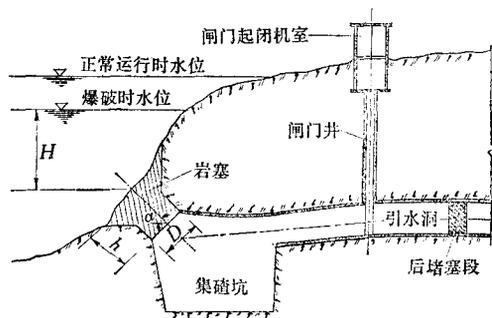


图 1-3

行时水流带走渣坑内石块以及减少渣坑开挖量,需采用比较复杂的型式。如250工程经过水工模型试验,渣坑型式如图1-4。当然也可根据工程具体条件,采用其它型式。

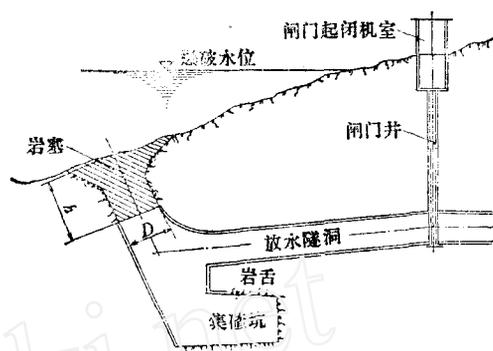


图 1-4

采用集渣方案,爆破时泄水洞状态又可分为二种情况。一种是在洞内封堵,引水发电工程均采用此种方式,封堵段在爆后清除。另一种是洞内不封堵,即敞开爆破,泄洪工程可采用这种方式。两种方法各有利弊,要根据洞子使用的目的及其它因素综合权衡考虑。

岩渣处理措施的另一种办法,就是泄渣,爆破时洞内敞开,进口不设集渣坑。为防止爆破瞬间石渣堵塞,可设一个容量不大的流线形缓冲坑,爆破下来的石渣随着气浪及水流一起冲到下游河道。其进口布置型式如图1-5。

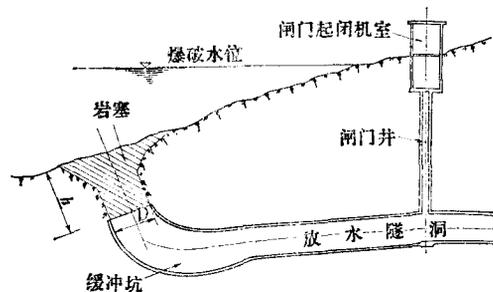


图 1-5

这种泄渣方式,较集渣方案有一些突出的优点,如大大减少了集渣坑的开挖量,使首部地下结构简单,进口水流条件也得到一些改善,在运行过程中不必担心水流把渣坑内石渣冲走等。但事物总是一分为二的。泄渣方案也有它的缺点。主要是大量石渣通过时对洞内衬砌及闸门件有一定的磨损或破坏作用,需要采取一定的防护措施。宣泄到下游河道的石渣也需要进行清理工作。某水库水下岩塞爆破时,采用了泄渣方式,爆后调查,洞内混凝土衬砌受到了不同程度的磨损。在大型水库湖泊采用泄渣方案,必须保证爆后洞内控制水流的闸门能及时下闸。(未完待续)