

水下岩塞爆破

东北电力局水下岩塞爆破试验小组

某工程工业用水量为 8 立方米/秒,由已建成水库取水,采用水下岩塞爆破方法打通了取水口。

取水首部工程包括闸门井、引水隧洞、聚碴坑、聚碴平洞和岩塞(图 1)。岩塞口底槛高程 104 米(接近库底),爆破水位 128 米。设计最小过水断面直径 4 米,预留岩塞厚度为 7.5 米(不计覆盖和强风化层),共装药 1190.4 公斤,爆落方量 800 立方米(其中覆盖层约 300 立方米),爆后引水洞内和爆破口外均无堆积,不需水下清碴。

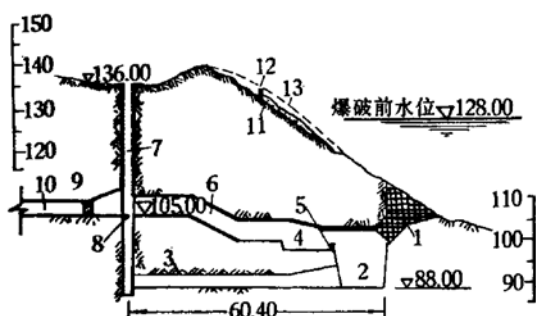


图 1 岩塞爆破现场剖面示意图(单位:米)

1 岩塞; 2 聚碴坑; 3 聚碴平洞; 4 拦石坑; 5 拦石坎; 6 闸前引水洞; 7 检修闸门井; 8 闸门井底梁; 9 混凝土堵壁; 10 闸后引水洞; 11 喷混凝土护面; 12 挡土墙; 13 护坡前地面线

岩塞口地形坡度 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 风化残积层 3.0~4.0 米, 标高 130 米以下因被水冲刷有基岩露出, 露出的岩石有前震旦纪变质岩(长石石英片岩和绿泥片岩), 后期岩浆侵入花岗闪长岩。变质岩生成年代古老, 岩石破碎, 裂隙发育并充填泥质物和方解石。花岗闪长岩系中生代形成, 灰绿色, 呈半风化, 裂隙发育并充填石英脉和泥质物, 裂隙面有挤压擦痕和铁锈。本区构造也很发育, 露出较大断

层九条, F_{12} 断层通过岩塞正中。基岩裂隙水丰富, 岩石单位吸水量 0.14~2.2 公升/分, 施工中首部工程漏水总量达 18.5 吨/时。

预留岩塞的厚度和倾角

在较差的地质条件下进行水下开挖, 必须认真对待安全施工问题, 为此, 在山体中开挖上下对称的 6 米 $\times$ 6 米的洞室(图 2), 中

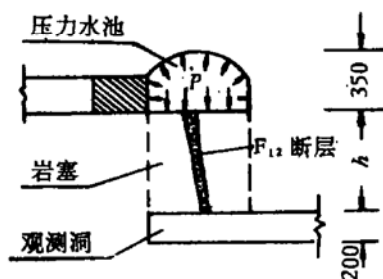


图 2 岩塞厚度试验纵断面图(单位:厘米)

间厚度第一阶段为 6 米, 第二阶段为 4.5 米, 在上部洞室充水并加压, 最高水压 6 公斤/厘米², 最长加负荷时间 10 小时, 加减负荷二十多次, 测得变形关系曲线(图 3)和挠度曲线(图 4), 同时观测了裂隙张开和渗水情况。

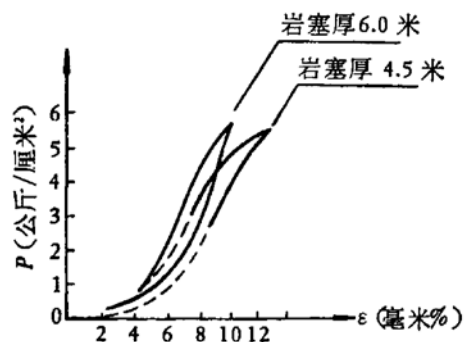


图 3 压力——变形关系曲线

本文 1973 年 3 月 9 日收到。

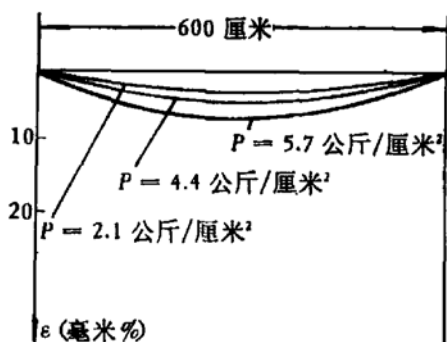


图4 岩塞底部实测变形曲线

分析实验成果并参考理论计算分析,认为当岩塞厚度大于2/3直径时,可按抗剪断校核其稳定情况,一般情况下,岩塞厚度可大致在以下范围内选择:

$$H = (1.0 \sim 1.5)L,$$

式中, H ——岩塞厚度(不包括覆盖和强风化层),

L ——岩塞底部开挖跨度。

塞体倾角和位置的选取须考虑进水口水流条件(低水位时不形成旋涡)和不形成喉部堆积,为此,岩塞倾角依下式选取:

$$\phi_{\text{外}} < \alpha < \phi_{\text{内}},$$

式中, $\phi_{\text{外}}$ ——岩碇在水中自然休止角 ($35^\circ \sim 40^\circ$),

$\phi_{\text{内}}$ ——岩石内摩擦角。

本工程选用 $H = 1.25L$, $\alpha = 45^\circ$ 。

爆破设计

本工程采用了炮孔和十字形洞室相配合,毫秒延迟起爆的爆破方案(图5)。

第一响为水下三个浅孔,孔深3.0~3.85米,孔径 $\phi 110$ 毫米,共装药209.4公斤,以即发电雷管起爆,以求剥离覆盖层并把水推开,为第二响创造一个凹形的“聚能面”,控制爆破漏斗开度。

第二响系上下两个十字形药包,间距为3米,上十字带一定角度呈爪形,以求能量更好地向凹面集中,加强抛掷作用并缩小爆破漏斗。

采用条形药包计算的经验公式:

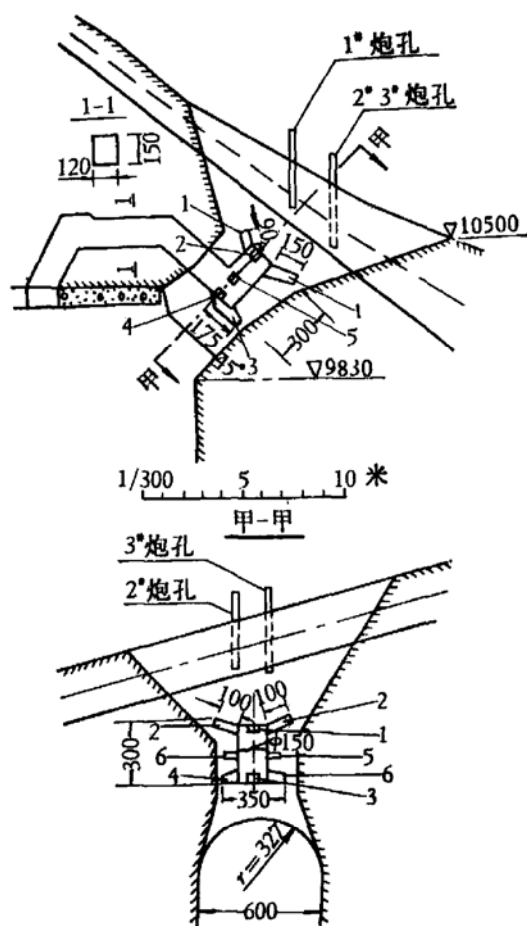


图5 岩塞剖面图(单位:厘米)

1. 1*药包378公斤; 2. 2*药包280.8公斤;
3. 3*药包154.8公斤; 4. 4*药包102.6公斤;
5. 5*药包32.4公斤; 6. 6*药包32.4公斤

$$Q = KW^2 n^2 l,$$

式中, K ——岩石标准单位耗药量(公斤/立方米),

W ——抵抗线(米),

n ——爆破作用指数,

l ——十字药包每条长度(米)。

计算两个十字形药包的装药量,并以集中药包计算经验公式:

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

[各符号意义同上]

的计算结果作参考,根据开挖实际形状和地质构造分布的情况对整体装药量和沿十字形洞室的分布进行调整,工程采用的装药分配如图5。共装药981公斤,用75毫秒延发电雷管引爆。

药室部位以黄土块堵塞,施工导洞以砂

料回填。

所用炸药系 35% 难冻胶质炸药,抗水性能良好。毫秒延发电雷管本身不防水,在加工起爆体时,对雷管做了防水处理。

聚 碴 坑 设 计

为了防止在进水口前堆积大量岩碴,保证进水口底槛高程,采用了爆破时聚碴坑内不充水的方案,靠水流把爆破岩碴冲入坑内。为保护闸门,爆破时未装闸门,在闸门后浇筑 2 米厚混凝土堵壁挡水,爆后放下闸门,拆掉堵壁。

因首部地质情况复杂,不易采用大跨度、高边墙的深聚碴坑。为设计结构形式合理的聚碴坑,进行了模拟试验。根据实验结果,在聚碴坑的上部增设了拦石坑和拦石坎,下部利用施工平洞适当扩大,作为聚碴坑的延长部分,容纳总爆落方量的 50% 左右,减少了聚碴坑开挖工程量和深度,并改善了岩碴在前引水洞的沉积情况(图 1)。

爆后潜水员下井检查,查明闸前引水洞中沉积很少,不需清理,进水口部位及前边均无岩碴堆积,保证了 104.0 米的进水高程。测量表明聚碴坑内尚有一定多余容积,足以避免运行中淤积和局部坍塌把进水口堵塞的危险。

爆 破 观 测

在试验和工程爆破中,共用 54 台件拾震、测压等观测仪器进行了测震。测水中冲击波和土岩中压力等工作,观测结果表明:

1. 距爆破中心较近的临水建筑物,其振

动状况受到水中冲击波和波浪的明显干扰,在估算其受震情况和评价其抗震稳定性时,应考虑上述因素;

2. 水下岩石爆破引起的地震效应较同量的露天爆破大;

3. 水下岩石爆破引起的水中冲击波波头压力较水中裸露药包弱得多,实测数据与同量的水中裸露药包计算数据*比较,水下炮孔爆破相当于计算值的 34—50%,水下药室爆破仅相当于计算值的 2.6~10%**;

4. 测得进口附近土岩中压力很小,当 981 公斤药包爆破时,距爆破中心 35 米处,压力为 8.4 公斤/厘米²。

结 语

1. 地质条件是进行水下岩塞爆破的重要因素,但也并不是说地质条件较差就不能进行岩塞爆破,只要查清地质构造,在施工中采取妥善措施,即使在较差的地质条件下,也可以保证水下开挖施工的安全,成功地进行水下岩塞爆破。

2. 采用聚碴坑内不充水的爆破方案,选择合理的聚碴坑形式,可减少和避免水下清碴工作,爆前也不必把水下爆破区的覆盖层全部清除。

3. 选择合理的药包布置形式和延发时间,可减少这类爆破的装药量,以求经济和保证取水口的稳定和周围临水建筑物的安全。

* 按 $P = K \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{1.13}$ 计算压力,参照[美国] P. 库尔

著《水下爆炸》,国防工业出版社(1960)。

** 测量数值和探头方位有关,并受地形条件放置深度影响。