

垂直深孔减震爆破在水下施工中的应用

高业宝 蔡广达 (辽宁有色基础工程公司 沈阳 110002)

近年来,随着经济建设的发展,新建或改扩建的水工建筑工程,有向深水域或已有建筑物附近发展的明显趋势。如我们承担的某市引水工程的取水头部明开前庭开挖工程,就是位于水深近 20 m 处,岸边有高级宾馆,水中有已建多年和正在建设中的取水竖井及配套设施。此项工程,若仍采用我们已施工过的几十项水工建筑工程的爆破方法,就达不到该工程的设计要求。为此,我们针对具体情况采取了不同方法:工程主体采用常规法爆破开挖;边坡部分的陆地上采用小径斜孔预裂减震爆破法开挖,水下采用垂直深孔减震爆破法开挖,对边坡形状、减震进行控制,取得了优质、高效、低耗、安全的效果。本文就水下开挖采用的垂直深孔减震爆破法进行介绍。

1 工程概况

该工程是从百里以外的水库引水,整个工程由五大部分组成,即取水头部(包括明开前庭和竖井)、压力配水厂、输水管道、净化水厂和供水站。取水头部是整个工程的重要部位,明开前庭又是整个工程的咽喉。

明开前庭东部面临水库,西部靠近陡砬子(竖井在其中),北 100 m 处是另一市已建多年的取水竖井,西南岸边 50 m 处有一座高级宾馆,明开前庭与本工程的取水竖井相连(该竖井正在施工中,靠前庭面为 3 层铁闸门,其它 3 面为钢筋砼石壁)。前庭开挖最深为 28.5 m(高程 133~104.5 m),最长为 42.5 m,上宽 52.5 m,下宽 3 m(由竖井边起顺轴线 11.2 m 范围内宽 8 m),从 133~104.5 m 竖井前两侧为 1:0.4 坡面,在

133 m 高度,从前庭中心线往北 9 m 处转 45°角,形成另一个坡面,按 1:0.4 往下开挖与北坡相交,北南两边坡面为 1:1,下挖 5 m,然后改为 1:0.7,下挖至 104.5 m 高程。整个工程分为水上(117.5~133 m)、水下(104.5~117.5 m)两个部分,因此,整个工程开挖要按水上和水下两种方法进行。明开前庭开挖完呈一个多坡面类似倒三角锥形体(见图 1)。爆破开挖工程总量 12000 m³,水下 3200 m³。水下开挖要求在低水位期进行(即 4~6 月)。开挖之后水上部分进行喷锚。

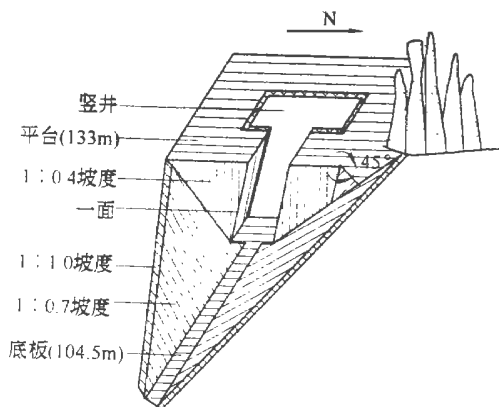


图 1 前庭开挖形状示意图

2 地质条件

明开前庭座落在强风化花岗岩和辉绿岩破碎带中, F₁ 断层(宽 1.5~2.0 m)与前庭中心线呈 40°交角,穿过整个前庭, F₂₃、F₂₃、F₂₄三组小断层不规则地分布在其中(见图 2)。整个开挖区节理裂隙纵横交错,分布紊乱,特别是靠近宾馆的南坡构造更发育,在 115 m 高程以上有 27 条断裂层岩体被切

割成毫无规律的块体,并有较大的滑面

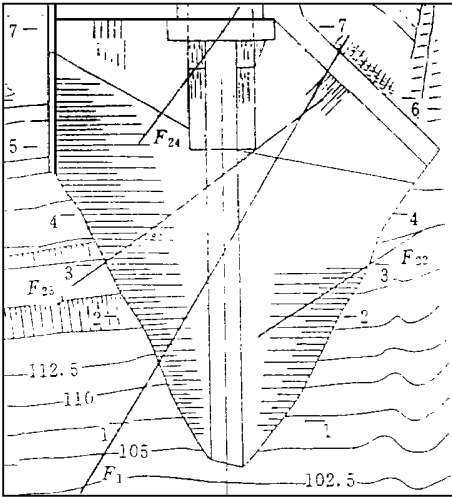


图 2 明开前庭地质构造概图

3 设计技术要求

明开前庭设计技术要求是: (1)竖井前两侧的规格尺寸± 0.5 m; (2)两边坡规格尺寸± 1.0 m,底宽规格尺寸± 0.5 m; (3)各坡面平整度± 0.2 m; (4)确保已有建筑物(宾馆、北部取水竖井在建中的竖井、风景亭等)的安全; (5)将取水头部建成一个既保证取水需要,又能供参观游览的处所。

4 垂直深孔减震爆破在水下的应用

4.1 选择依据

(1)为确保已有建筑物的安全,施工前,某大学在施工现场做了模拟测试,给定施工过程中爆破产生的震动速度 $\leq 3\text{ cm/s}$,震动加速度 $\leq 0.1\text{ g}$

(2)由于地质构造非常复杂,岩石破碎严重,并有较大的滑面,如不采取减震措施,极易出现滑坡,规格尺寸和质量难以保证

(3)为保证工期,必须增大一次爆破量。某大学模拟测试给定的一次爆破药量 $\leq 6\text{ kg}$ 。如按此药量进行爆破开挖,3个月内是完不成的,势必将工期拖到高水位期,水深将达 20 多米,施工难度更大,成本增加,工期延长,为此,必须增加一次齐发药量。

(4)钻井平台无法钻斜孔,如果钻斜孔,必须经常改变钻机的位置和钻塔角度,增加大量的辅助时间和钻孔难度,施工进度放慢,不能按期完工。

4.2 炮孔的布置

根据减震爆破的要求,采用三种炮孔进行爆破:临近边坡和竖井部位为减震孔,中间为缓冲(预裂)孔,然后为爆破孔。每排为直线排列,排与排呈梅花状排列(见图 3)。

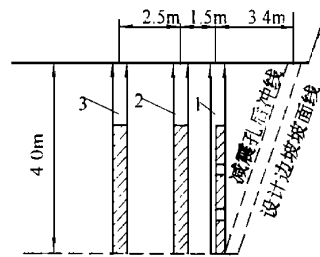
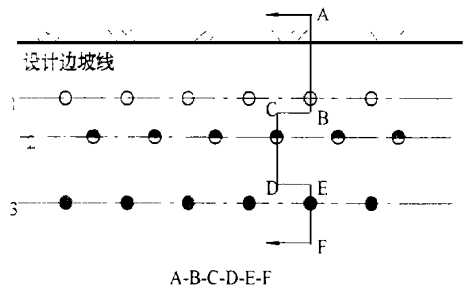


图 3 炮孔布置示意图

1- 垂直减震孔; 2- 缓冲孔; 3- 主爆破孔

4.3 爆破参数的确定

该爆区位于强风化花岗岩和辉绿岩,根据水下岩石的物理机械性质和化学性质及有多条断层的地质特性和一级减震要求,为确保开挖规格尺寸、边坡稳定、完整美观,首先根据爆破安全距离计算公式进行理论计算,用计算结果进行试爆,试爆中由某大学跟踪测试,再用测试结果和实地检查(潜水员潜水检查)情况,修整理论计算值,经 3 次修改,最终确定了一次爆破药量(Q)、减震层厚度(W)、炮孔距离(E)、炮孔深度(L)、孔装药量(Q_k)、不耦合系数(D_d)和起爆间隔时间(t)等参数值

4.3.1 理论计算各参数值

(1)一次起爆药量 Q

一次起爆药量的多少,直接关系震动力的大小、震动速度的快慢,因此,必须满足震动速度的要求。根据《爆破安全规程》(GB7622) 8.2.2中爆破安全距离计算公式,计算一次起爆药量

$$R = (k/V)^{1/a} Q^m \quad (1)$$

式中: R ——爆破安全距离, 50 m; Q ——一次起爆药量, kg; V ——地震安全速度, 3.0 cm/s; m ——药量指数, 1/3; k ——与爆破地点、地形、地质条件有关的系数, 250(根据爆破安全规程表 2, 取中硬岩和软岩中间值); a ——衰减指数, 1.8(取值依据同 k)。

计算出一次起爆药量为 74.7 kg。由于此值远远超过规定的 6 kg, 故不能采用。

(2)不耦合系数 D_d

减震孔采取不耦合装药, 使爆破后产生的气体有一个膨胀过程, 减缓冲击, 达到减弱震动力的目的。

① 根据炸药性质和岩石力学性质计算

$$D_d = (F d_k / \sigma_{\text{R}})^{k/2} \quad (2)$$

式中: F ——炸药比能, $\text{MPa} \cdot \text{L/kg}$; d_k ——炸药密度, kg/L ; σ_{R} ——岩石的极限抗压强度, MPa ; k ——绝热指数。

② 根据经验公式确定

$$D_d = D/d \quad (3)$$

式中: D ——炮孔直径, mm; d ——药卷直径, mm。 D_d 一般为 2~5。

采用 62% 难冻胶质炸药, 综合 (2)、(3) 式, 取不耦合系数为 2, 钻孔直径为 115~120 mm, 则药卷直径为 60 mm。

(3)炮孔孔距 E

根据岩石物理力学性质计算:

$$2E/D = 3.2 \left[\sigma_{\text{R}} / \sigma_{\text{T}} - 1 / (1 - _) \right]^{2/3} \quad (4)$$

式中: σ_{R} ——岩石极限抗压强度, MPa ; σ_{T} ——岩石极限抗拉强度, MPa ; $_$ ——岩石泊松比。

将工程勘察给定的各值代入, 计算出炮孔直径为 120 mm, 根据经验公式确定 $E =$

(7~12) D , 因岩石为强风化层, 严重破碎, 故取较大值, $E = 1200 \text{ mm}$ 。

(4)减震层厚度 W

直孔减震层的厚度是指减震孔底中心距设计边坡面线的距离, 据有关资料 $W = (1.5 \sim 3) D$, 故 W 取 0.3 m。

(5)炮孔深度 L

因岩石严重破碎, 为了不破坏下个梯段断面给施工造成难度, 所以不超深, 定孔深等于段高。根据总爆破高度和为了便于施工, 段高定为 4 m, 故孔深 L 为 4 m。

(6)孔装药量 Q

孔装药量既是决定单孔爆破效果, 又是决定一次准爆孔数的重要参数。

① 根据《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》(SPJ211-83) 确定, 再根据岩石的极限抗压强度和相邻孔距计算线装药量 (Q)、孔装药量 (Q_k):

$$Q = 0.188 E \sigma_{\text{R}}^{0.5} = 169 \text{ g/m} \quad (5)$$

因孔深 L 为 4 m, 故孔装药量 Q_k 为 0.7 kg/孔。

② 根据下式计算

$$Q = n q W E L / 3 \quad (6)$$

式中: n ——爆破指数, 取 0.8; q ——标准爆破漏斗的炸药单耗, kg/m^3 ; W ——抵抗线, 即排距, 取 2.65 m。

代入 (6) 式计算得 $Q_k = 1.2 \text{ kg/孔}$ 。

综合两式, 再参考准许的一次起爆药量, 取 $Q_k = 1.2 \text{ kg/孔}$ 。

(7)起爆间隔时间 t

因受一次起爆药量的限制, 所有的减震孔不能同时起爆, 分段起爆又不要造成震动力叠加, 故采用分段毫秒微差起爆。微差间隔时间以地震效应最小为准则, 通过试爆监测, 定为 25 ms。

4.3.2 生产参数

考虑山体斜坡自然形成的自由面有利于提高爆破效率。除渣和减震, 每个梯段的开挖都从外往里进行, 靠近竖井附近采用气

泡帷幕减震措施,所以,我们用修正值在距被保护物最近点和第一梯段距被保护物最近点,取 $Q=6\text{ kg}$, $Q=2.5\text{ kg}$,分别进行试爆。两点的震速和加速度均达到要求。故第一梯段生产爆破参数为

$Q=6\text{ kg}$, $W=0.3\sim 0.6\text{ m}$, $E=1.2\sim 1.5\text{ m}$, $L=4\text{ m}$, $D=2$, $Q=1.2\sim 2.5\text{ kg}$, $t=25\text{ ms}$

4.4 装药结构

主爆破孔和缓冲孔采取连续装药,减震孔分3段间隔装药,每段 0.7 m (其中:药卷长 0.5 m ;砂子长 0.2 m ,起间隔和配重作用),将药卷和砂子装进 $\varnothing 0.05\text{ m}$ 长 0.7 m 的塑料管里,起爆药包装在中间位置,采用非电导爆起爆 (见图 4)。

4.5 起爆方法及爆破网路的联接

起爆顺序依次是缓冲孔、减震孔、主爆破孔,用毫秒微差非电导爆管起爆

爆破网路的联接均采用并并并联的方式,即主爆破孔分成几组 (组数及组内炮孔数视每次爆破总孔数定),组与组及组内孔与孔均实行并联,主爆破孔、缓冲孔、减震孔也并联,为保证组与组各种类型的孔按顺序起爆,在组与组之间加毫秒中继管起延时作用 (见图 5)。

4.6 精心组织 严密设防 确保安全

我们按照全面质量管理的要求,组建了工程指挥部,编制了工序管理表,确定了管理点,成立了QC小组,进行技术攻关,同时采取气泡帷幕减震及跟踪监测等方法,确保了工程质量及安全。

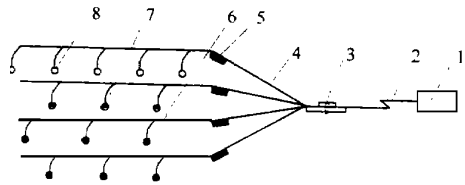


图 5 导爆管起爆网路联接图

1- 起爆器; 2- 电源线; 3- 电雷管; 4- 导爆管; 5- 延时中继管; 6- 主爆孔; 7- 缓冲孔; 8- 减震孔

5 使用效果

(1)保证了已有建筑物的安全,不仅高级宾馆安然无恙,就连距爆破点仅 14.5 m 的竖井铁闸门也未发生丝毫变形。

(2)工程的几何图形和设计尺寸达到设计要求

(3)减小了施工难度,保证了质量和工期,效率提高,成本降低。

(4)工程竣工后,经设计部门、建设单位和省、市质量监督部门联合检查验收,被评为省优质工程,获部级优秀工程一等奖。

6 结论

(1)垂直深孔减震爆破完全满足了减震的要求,保证了质量和安全

(2)要想使减震爆破满足设计要求,必须针对具体情况,以理论计算为指导,以试验为主确定科学合理的爆破参数。但即使是同一个工程其参数也不是一成不变的,必须随着条件 (地层、水深等) 变化而变化

(3)有了科学合理的参数,还必须精心组织,按照PDCA循环程序进行科学管理,才能收到理想的效果

(4)垂直深孔减震爆破是我们的一次尝试,虽然取得了较好的效果,但不能说十分完美,还需在今后的工作中进一步探索。

7 参考文献

[1] 陶松霖主编. 爆破工程. 冶金工业出版社, 1979.
[2] 伍汉等. 爆破工程. 冶金工业出版社, 1979.