

新舍古隧洞工程爆破设计

杨 博

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710065

摘要:本工程周边环境较为复杂,距离隧洞出口约300m处是G210国道,来往车辆流量很大,国道边存在四户当地村民。居住区段要求爆破扰动和飞石不得损坏民房,爆破时交通需要进行管制,需要进行控制爆破施工。

关键词:爆破方案;技术措施;安全计算

1 钻爆设计

1.1 工程概况

延安黄河引水黄延线工程主要由调蓄水库枢纽工程,泵站工程、隧洞工程及沿线管线工程等四部分组成。

新舍古隧洞位于延川县延川镇新舍古村,全长3392.49m,桩号22+219.483~25+611.973,为延安市黄河引水工程黄延线段六条隧洞之一,围岩类型以Ⅲ类围岩为主,部分为Ⅳ类围岩和Q2黄土状壤土。断面开挖尺寸 $B \times H = 3.5 \times 3.95\text{m}$ (3164.02m)/ $3.7 \times 4.05\text{m}$ (228.47m),成型尺寸 $B \times H = 2.5 \times 3.05\text{m}$ 。隧洞进口底板高程801.015m,出口底板高程799.60m,洞内纵坡0.417‰。

1.2 施工方案

隧洞开挖采用钻爆法方案,按新奥法原理组织施工。洞身段坚持“先治水、管超前、弱爆破、短进尺、少扰动、强支护、早封闭、勤观测”的施工原则。

本标段隧洞采用手风钻造孔,光面爆破,全断面一次开挖成型的钻爆法开挖施工。Ⅲ类围岩每个循环暂定2米,Ⅳ类围岩每循环暂定1.5米,每天2个循环。炸药采用2#岩石硝铵炸药,有水时采用乳化炸药,非电毫秒导爆管微差爆破网络、非电雷管起爆,周边采用光面爆破控制超、欠挖。

洞底留0.4m石渣便于交通,采用ZL-30装载机装渣,20t自卸汽车拉运至弃渣场。开挖爆破后,先喷3~5cm厚砼封闭岩面,然后架设格栅钢架支撑,制锚杆,联结、固定、挂网,多次喷砼,厚度达到设计要求。

施工过程中严格控制装药量,减少爆破震动波对围岩的扰动,应作为本次爆破设计的重点。采用小切口开挖进洞,对于隧洞洞口、断层破碎带、隧洞避车施工时尽可能采用机械或人工开挖;对于隧洞涌水段采用短进尺配以弱爆破开挖,尽量减少对周围围岩的扰动。

1.3 光面爆破施工方法

影响光面爆破效果的因素有很多,主要有地质构造、岩石物理力学性质、炮孔直径、孔距、光爆层厚

度、炸药品种、装药量、装药结构以及施工等因素。

现场围岩地质结构复杂多变,在施工中,根据爆破设计结合现场地质条件、开挖断面、开挖进尺、爆破器材等情况进行爆破试验,不断修正光面爆破参数,达到最优爆破效果。

1.3.1 施工要点

本工程隧洞钻爆采用人工风钻打孔。保证钻孔质量措施:光爆钻孔时,由合格钻工严格按照测量定出的中线、腰线、开挖轮廓线和测量布孔进行钻孔作业。各钻工分区、分部位定人定位施钻,实行严格的钻工作业质量经济责任制。技术人员现场旁站,便于及时发现和解决现场技术问题。

1.3.2 根据各断面炮孔爆破设计进行装药连线,周边光爆孔采用导爆索起爆,采用间隔装药结构;主爆孔、掏槽孔均用非电毫秒雷管分段起爆。

1.4 Ⅲ类围岩爆破方案

1.4.1 Ⅲ类围岩全断面爆破根据实际情况采用直孔掏槽。

1.4.2 计算炮孔数N:

$$N = q \cdot S / (\gamma \cdot \tau)$$

式中,断面开挖面积 $S = 12.51\text{m}^2$,单位耗药量 $q = 2.07\text{Kg/m}^3$,其中

$$\tau = 0.75, \gamma = 0.65$$

$$\text{则 } N = 2.07 \times 12.51 / (0.65 \times 0.75) = 53$$

1.4.3 掏槽炮孔与开挖面间的夹角 $\alpha = 90^\circ$,左右两对炮孔间的距离 $a = 40\text{cm}$,掏槽炮孔为6个。

1.4.4 计算炮孔每一循环深度

每一循环进尺为 $2.5\text{m} \times 0.8$ (炮孔利用率) $= 2.0\text{m}$ 。

掏槽孔及底孔深度 $l_{\text{掏、底}} = 2.5 + 0.1\text{m} = 2.6\text{m}$

辅助孔、周边孔深度 $l_{\text{辅、周}} = 2.5\text{m}$

计算各种炮孔的长度L:

掏槽炮孔的长度: $L_{\text{掏}} = 2.6\text{m}$

辅助炮孔长度 $l_{\text{辅}}$:因辅助炮孔垂直于开挖面,故 $L_{\text{辅}} = l_{\text{辅}} = 2.5\text{m}$

为钻孔方便，根据围岩情况，各周边孔孔口均在开挖轮廓线内5cm，其孔底超出开挖轮廓线10cm

周边孔长度： $L_{周} = (2.52 + (0.05 + 0.1) 2) / 2 = 2.5$ （三角函数计算）

底孔长度： $L_{底} = (2.62 + (0.05 + 0.1) 2) / 2 = 2.6$

1.4.5 炮孔布置及参数见下图及表4—3

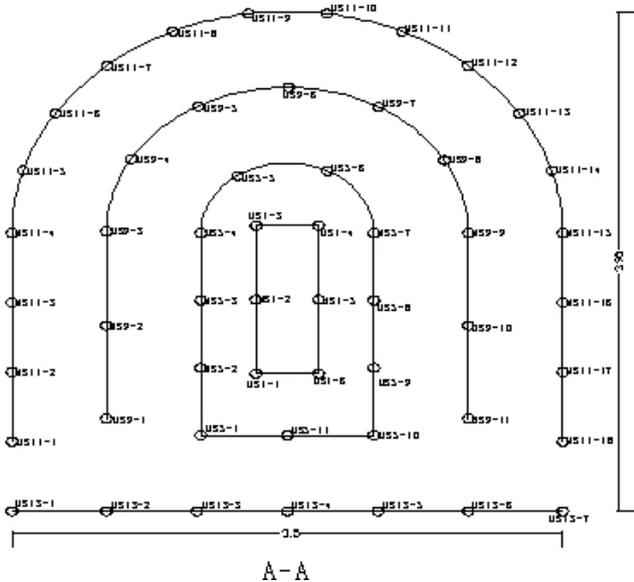


表4—3 新舍古隧洞A-A型断面初拟爆破参数表（单循环）

名称	掏槽孔	辅助孔（底孔）	周边孔
直径（mm）	42	42	42
孔深（m）	2.6	2.5（2.6）	2.5
个数（个）	6	29	18
间距（m）	0.60	0.6	0.50
排距（m）		0.65	
角度（°）	90°	90°	外倾2°
炸药单耗（kg/m ³ ）	2.07		
单孔药量（kg）	1.8	1.0	0.6
装药结构	耦合连续 （Φ32药卷、 300g/卷）	耦合连续 （Φ32药卷、 300g/卷）	间隔不耦合 （Φ32药卷、 300g/卷）
起爆类型	非电毫秒雷管	非电毫秒雷管	导爆索
爆破总药量（kg）	51.8		

1.4.6 上导坑起爆顺序按炮孔布置图标顺序起爆，共分5段。采用毫秒延期导爆管雷管。首段6个掏槽孔选用1段导爆管雷管；辅助孔为11个5段，11个9段，周边孔18个11段，底孔7个13段，采用连续装药结构，由起爆药卷引出的导管在孔外通过反射四通连接件联成闭合起爆网路。

1.5 IV类围岩爆破方案

1.5.1 根据现场情况IV类围岩开挖采用直孔掏槽。

1.5.2 计算炮孔数N：

$$N = q \cdot s / (\gamma \cdot \tau)$$

式中，开挖面积 $S=12.51m^2$ ，单位耗药量 $q=2.05Kg/m^3$ ，其中

$$\tau = 0.75, \gamma = 0.67$$

$$\text{则 } N = 2.05 \times 12.51 / (0.67 \times 0.75) = 51$$

1.5.3 掏槽炮孔槽与开挖面间的夹角 $\alpha = 90^\circ$ ，左右两对炮孔间的距离 $a = 40cm$ ，掏槽炮孔为6个。

1.5.4 计算每一循环炮孔深度

每一循环进尺为 $2.0m \times 0.75$ （炮孔利用率）= 1.5m。

掏槽孔及底孔深度 $l_{掏、底} = 2.0 + 0.1m = 2.1m$

辅助孔、周边孔深度 $l_{辅、周} = 2.0m$

计算各种炮孔的长度L：

掏槽炮孔的长度： $L_{掏} = 2.1m$

辅助炮孔长度 $l_{辅}$ ：因辅助炮孔垂直于开挖面，故 $L_{辅} = l_{辅} = 2.0m$

为钻孔方便，根据围岩情况，各周边孔孔口均超出开挖轮廓线5cm，其孔底超出开挖轮廓线9cm

周边孔长度： $L_{周} = (2.02 + (0.05 + 0.09) 2) / 2 = 2.0$ （三角函数计算）

底孔长度： $L_{底} = (2.12 + (0.05 + 0.09) 2) / 2 = 2.1$

1.5.5 炮孔布置及参数见下图及表4—4

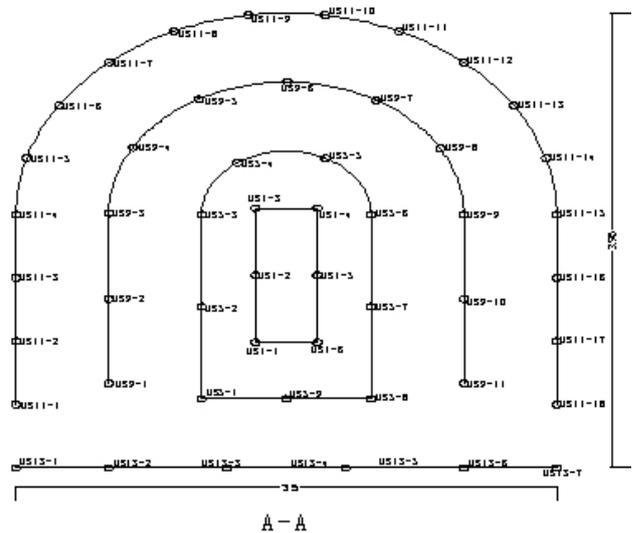


表4—4 新舍古隧洞A-A型断面初拟爆破参数表（单循环）

名称	掏槽孔	辅助孔（底孔）	周边孔
直径（mm）	42	42	42
孔深（m）	2.1	2.0（2.1）	2.0
个数（个）	6	27	18
间距（m）	0.60	0.60	0.50
排距（m）		0.75	
角度（°）	90°	90°	外倾2°

续表 >51.8kg, 满足安全要求。

名称	掏槽孔	辅助孔(底孔)	周边孔
炸药单耗 (kg/m ³)	2.05		
单孔药量 (kg)	1.0	0.8	0.6
装药结构	耦合连续 (Φ32药卷、 300g/卷)	耦合连续 (Φ32药卷、 300g/卷)	间隔不耦合 (Φ32药卷、 300g/卷)
起爆类型	非电毫秒雷管	非电毫秒雷管	导爆索
爆破总药量 (kg)	38.5		

1.5.6 根据爆破器材情况, 采用导爆管雷管空内延期起爆法。起爆顺序按炮孔布置图标顺序起爆, 共分六段。采用毫秒延期导爆管雷管。首段6个掏槽孔选用1段导爆管雷管, 其余依次为辅助孔9个5段, 11个9段, 周边孔18个11段, 底孔7个13段, 采用连续装药结构, 由起爆药卷引出的导管在孔外通过反射四通连接件联成闭合起爆网路。

2 爆破安全计算

爆破振动安全允许距离, 根据萨道夫斯基公式 $V=K/(R)$

$$\text{推导出公式 } R = (K/V)^{1/a} * (Q)^{1/3}$$

式中: R—爆源中心到被保护对象的水平距离

K—与地震波传播地段岩土特性、爆破类型、爆破条件等因素有关的系数;

α —地震波衰减指数

V—介质质点振动安全允许速度

Q—炸药量; 齐发爆破为总药量; 延期爆破为最大单响药量;

以一般砖房为例计算:

$$R = (K/V)^{1/a} * (Q)^{1/3} = (150/2.0)^{1/1.5} * (51.8)^{1/3} = 66.3\text{m} < 300\text{m} \text{ (最小距离)}, \text{ 满足安全要求};$$

$$V = K * (Q^{1/3}) / R^a = 150 * (20^{1/3}/300)^{1.5} = 0.129\text{cm/s} < 2.0\text{cm/s}, \text{ 满足安全要求}.$$

$$Q = R^3 * (V/K)^{3/a} = 300^3 * (3.0/250)^{3/1.8} = 16982.4\text{kg}$$

3 爆破技术措施

3.1 采用微差爆破, 严格控制单段最大起爆药量, 控制起爆顺序和起爆时间间隔。

3.2 造孔前, 技术人员用全站仪按设计孔位进行测量放线, 布设炮孔位置, 定出钻孔深度, 并用红漆标识开挖轮廓线和布孔点。造孔时, 严格控制孔深, 保证孔底在同一平面上。装药爆破时, 由技术员和带班人严格按爆破设计要求, 检查每个孔的药量、装药结构、非电导爆管段数及封堵情况等, 然后按爆破次序, 连网引爆。

3.3 严格控制堵塞质量, 堵塞材料用胶泥, 并做到分层捣实, 堵塞是控制飞石的重要手段, 当堵塞长度偏小时, 应在孔口用砂袋盖孔以杜绝飞石产生。

3.4 开挖爆破区距离民房近, 施工中, 为了村民的生命和财产安全, 严格控制爆破四害: 爆破地震波、空气冲击波、超声和飞石。

3.5 控制飞石: 首先要做到“精心设计、科学施工、严格管理”, 这是防止飞石最根本、最有效的措施; 其次根据《爆破安全规程》对人员安全允许距离进行防护; 对需要保护的對象采用三重防护措施, 即近体防护、间接防护和保护性防护。

结束语

基于我国隧洞工程的广泛性, 加强对隧洞工程爆破技术的研究对提高隧洞工程质量、降低施工成本具有重要的作用, 因此我们在进行隧洞施工前要制定准确的爆破施工方案, 并准确的按照施工环境以及爆破方案、施工设备等计算进行爆破工作, 以此使爆破效果达到预期目的。

参考文献

- [1]刘英丽,刘晓娟,赵文海.隧洞施工技术方法探讨[J].黑龙江水利科技2009,36(4).
- [2]光面爆破技术在永龙隧道施工中的应用[J].杨利,中国市政工程,2010,第001期.
- [3]陈长金.东固电站引水隧洞光面爆破施工技术[J].吉林水利,2010(06):99-101.