

隧洞开挖单循环进尺对超挖量的影响研究

杨 玉 银， 李 俊 峰， 杨 仕 杰， 郝 利 军， 白 军 平
(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:针对隧洞开挖施工中普遍认为的单循环进尺越大、超挖量越大的问题,对应于隧洞左侧墙、右侧墙、顶拱提出了单循环进尺与孔底径向超挖的计算模型与计算公式,并根据所提出的计算模型与公式对单循环进尺 2 m、2.5 m、3 m、3.5 m、4 m 进行了验算和实践检验,验算结果及实际钻孔爆破结果表明:单循环进尺的大小对径向超挖有影响,但其影响程度很小,不足以影响单循环进尺的选择,比如单循环进尺 2.5 m 与 3.5 m 相比,其孔底径向超挖最大相差 0.74 cm,理论平均径向超挖最大相差 0.37 cm。

关键词:隧洞开挖;单循环进尺;超挖量;影响;研究

中图分类号:TV7;TV52;TV554;TV542 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2021)02-0079-04

Study on Influence of Each Advance on the Quantity of Over-excavation in Tunnel Construction

YANG Yuyin, LI Junfeng, YANG Shijie, HAO Lijun, BAI Junping
(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: It is commonly believed that the longer each advance, the more over-excavation happens during tunnel excavation. This paper sets up a calculation model and formula between radial over-excavation at the bottom of the blasting hole and each advance on left wall, right wall and arch of the tunnel. According to the calculation model and formula, over-excavation under advances of 2 m, 2.5 m, 3 m, 3.5 m and 4m are calculated and tested in practice. Both the calculation and the actual drilling and blasting results indicate that the length of each advance has an effect on radial over-excavation, but in small quantity, which cannot influence the choice of each single advance. Taking 2.5m advance and 3.5 m advance for example, the maximum difference of radial over-excavation at the bottom of the blasting hole is 0.74 cm, and the maximum difference of theoretical average radial over-excavation is 0.37 cm.

Key words: tunnel excavation; each advance; over- excavation; influence; study

1 概 述

在隧洞开挖施工中,通常认为单循环进尺越大其超挖量越大,并且认为单循环进尺对超挖量的影响非常显著,主要有以下几种观点:一种是习惯性地认为单循环进尺与超挖量成正比关系,比如单循环进尺 1 m 时超挖量为 1 个单位体积 V ,那么,单循环进尺 3 m,其超挖量即为 $3V$;另一种观点认为单循环进尺与超挖量成平方关系^[1,2],比如单循环进尺 1 m 时其超挖量为 1 个单位体积 V ,那么单循环进尺 3 m,其超挖量即为 $9V$ 。在地下工程开挖施工技术规范^[3]中是这样描述的:相邻两排炮孔的岩面错台取决于钻手的操作水平和钻孔深度,排炮钻进越深,两排炮间岩面的错台

越大,因此,必须合理选择排炮进尺。

以上观点均认为:单循环进尺越深,其超挖量越大,并且单循环进尺对超挖量的影响非常显著。但是在实际爆破施工中我们发现:以上观点均具有一定的局限性。随着单循环进尺的增大,超挖量并没有成正比或平方关系增大,单循环进尺对超挖量的影响不是很明显,因而需要我们进一步探索、研究隧洞开挖中单循环进尺与超挖量的关系,笔者对此研究进行了详述,具体的研究目的如下:

(1)通过研究,进一步明确隧洞开挖中单循环进尺对超挖量的影响程度。

(2)为隧洞开挖施工中的单循环进尺选择提

供支撑依据。

2 研究的基础

(1) 钻孔工具的选择:在隧洞开挖施工中,最常用的钻孔工具为 YT28 型手风钻。因此,对钻孔工具的研究选用 YT28 型手风钻,钻孔直径为 38~42 mm,(图 1(a)),基本结构尺寸见图 1(b)。

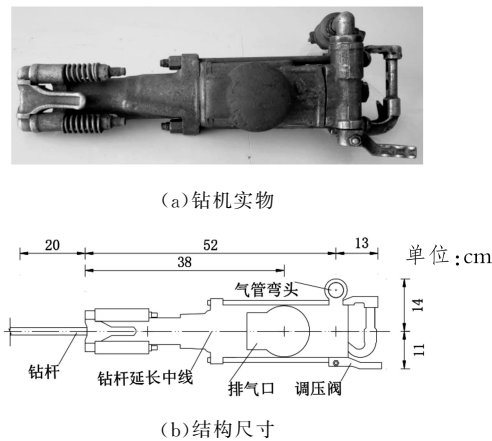


图 1 YT28 型手风钻结构图

(2) 钻孔要求^[4,5]:钻掌子面左侧墙周边孔时,要求钻机调压阀外侧紧贴左侧墙岩面向前推进;钻掌子面右侧墙周边孔时,要求钻机气管弯头侧紧贴右侧墙岩面向前推进;钻顶拱周边孔时,要求钻机排气口顶部紧贴顶部岩面向前推进。

(3) 钻杆长度要求:钻孔时,设定钻杆剩余 20 cm 左右时停止钻孔,即钻杆总长度至少比设计单循环进尺多 20 cm。

(4) 周边孔爆破方法:采用光面爆破^[6,7]。对于 I、II、III 类围岩,其半孔率一般为 85% 以上,可以有效控制钻孔外超挖,降低爆破对围岩的扰动。

3 研究采用的计算模型

3.1 研究采用的计算模型

周边孔钻孔状态及孔底超挖计算模型见图 2。模型基本要素如图 2 所示: L_1 为设计单循环进尺,cm; L_2 为钻机贴岩面点至掌子面的垂直距离,cm; L_3 为钻机至掌子面预留距离,cm; L_4 为钻机贴墙侧至钻机尾部距离,cm; a 为钻机紧贴

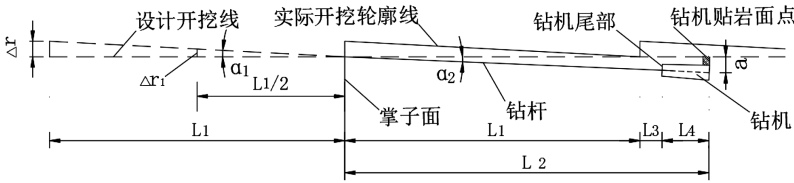


图 2 周边孔钻孔状态及孔底超挖计算模型

岩面点至钻杆中心线延长线的交点距离,cm; a_1 、 a_2 为周边孔最小钻孔外偏角,°; Δr 为孔底径向超挖值,cm; Δr_1 为理论平均径向超挖值,cm。

3.2 基本要素值的确定

(1) 设计单循环进尺 L_1 :研究时选取的计算隧洞开挖中最常用的单循环进尺:200 cm、250 cm、300 cm、350 cm、400 m,并需进行计算结果的分析与对比。

(2) 钻机贴岩面点至掌子面的垂直距离 L_2 :由单循环进尺 L_1 、钻机至掌子面预留距离 L_3 、钻机贴岩面点至钻机尾部距离 L_4 三部分组成,即 $L_2=L_1+L_3+L_4$ 。

(3) 钻机至掌子面预留距离 L_3 :取 $L_3=20$ cm,即钻机尾部至掌子面 20 cm 左右时停止钻进。

(4) 钻机贴岩面点至钻机尾部的距离 L_4 :根据图 2,①当钻机调压阀外侧紧贴左侧墙岩面或钻机气管弯头外侧紧贴右侧墙岩面时,取计算值

$L_4=52$ cm;②当钻机排气口顶部紧贴顶部岩面时,取计算值 $L_4=38$ cm。

(5) 钻机紧贴岩面点至钻杆中心线延长线的交点距离 a :根据图 2,①当钻机调压阀外侧紧贴左侧墙岩面时,取计算值 $a=11$ cm;②当钻机气管弯头外侧紧贴右侧墙岩面时,取计算值 $a=14$ cm;③当钻机排气口顶部紧贴顶部岩面时,取计算值 $a=11$ cm。

(6) 周边孔最小钻孔外偏角 a_1 、 a_2 按式(1)计算:

$$\alpha_1=\alpha_2=\tan^{-1}(a/L_2)$$
 (1)

(7) 孔底径向超挖值 Δr 按式(2)计算:

$$\Delta r=L_1\cdot \tan(\alpha_1)$$
 (2)

(8) 理论平均径向超挖值 Δr_1 按式(3)计算

$$\Delta r_1=\Delta r/2$$
 (3)

4 计算验证

为了使此次的研究结果具有普遍性,笔者以

隧洞施工中最常用的单循环进尺 2 m、2.5 m、3 m、3.5 m、4 m 为例进行了计算研究。

4.1 计算结果

采用以上单循环进尺时,根据式(1)、式(2),其相应钻孔外偏角和孔底径向超挖情况计算结果见表 1。

根据式(3)和表 1,其理论平均径向超挖值计算结果见表 2。

表 1 单循环进尺与周边孔孔底径向超挖值计算表

钻机贴墙部位	单循环进尺 2 m		单循环进尺 2.5 m		单循环进尺 3 m		单循环进尺 3.5 m		单循环进尺 4 m	
	钻孔外偏角 /°	孔底超挖 /cm	钻孔外偏角 /°	孔底超挖 /cm	钻孔外偏角 /°	孔底超挖 /cm	钻孔外偏角 /°	孔底超挖 /cm	钻孔外偏角 /°	孔底超挖 /cm
左侧墙 (调压阀外侧)	2.32	8.1	1.96	8.56	1.69	8.85	1.49	9.1	1.34	9.36
右侧墙 (气管弯头外侧)	2.95	10.31	2.49	10.87	2.16	11.32	1.9	11.61	1.7	11.87
顶拱 (排气口顶部)	2.44	8.52	2.05	8.95	1.76	9.22	1.54	9.41	1.38	9.63

表 2 理论平均径向超挖值计算表

钻机贴墙部位	理论平均径向超挖值 /cm				
	单循环进尺 2 m	单循环进尺 2.5 m	单循环进尺 3 m	单循环进尺 3.5 m	单循环进尺 4 m
左侧墙(调压阀外侧)	4.05	4.28	4.43	4.55	4.68
右侧墙(气管弯头外侧)	5.16	5.44	5.66	5.81	5.94
顶拱(排气口顶部)	4.26	4.48	4.61	4.71	4.82

4.2 计算结果分析

(1)从表 1 中的计算结果不难看出:随着单循环进尺由 2 m 逐渐增大至 4 m,钻孔外偏角和孔底超挖发生了以下变化:

①随着单循环进尺的逐渐增大,钻孔外偏角逐渐减小:调压阀外侧由 2.32°逐渐减少至 1.34°;气管弯头外侧由 2.95°逐渐减少至 1.7°;排气口顶部由 2.44°逐渐减少至 1.38°。

②随着单循环进尺的逐渐增大,孔底超挖有所增大,但增大幅度非常小:调压阀外侧由 8.1 cm 逐渐增大到 9.36 cm;气管弯头外侧由 10.31 cm 逐渐增大到 11.87 cm;排气口顶部由 8.52 cm 逐渐增大到 9.63 cm。

③同一单循环进尺条件下,右侧墙(气管弯头侧)超挖量最大,顶拱超挖量(排气口顶部)居中,左侧墙(调压阀侧)超挖量最小。

(2)从表 2 中的计算结果看:随着单循环进尺由 2 m 逐渐增大至 4 m,理论平均径向超挖值有所增大,但增大的幅度很小:调压阀外侧由 4.05 cm 逐渐增大到 4.68 cm;气管弯头外侧由 5.16 cm 逐渐增大到 5.94 cm;排气口顶部由 4.26 cm 逐渐增大到 4.82 cm。

5 实践检验

在实际施工过程中,孔底径向超挖值 $\triangle r$ 的

大小可以通过前后两茬炮之间的错台大小进行验证。在乌干达卡鲁玛水电站尾水隧洞工程施工中,为了监测隧洞钻孔质量和孔底径向超挖量的大小,分别对 10#施工支洞和 1#尾水隧洞主洞进行了连续 10 茬炮的孔底错台量测。

5.1 10#施工支洞量测情况

10#施工支洞量测洞段为 0+299.62~0+332.12,属Ⅱ类围岩,开挖断面呈城门洞形,宽 8.16 m、高 7.38 m,平均单循环进尺 3.25 m,观测点位为左侧墙高 1.65 m 孔、右侧墙高 1.65 m 孔与顶拱中心孔。两茬炮间的具体错台量测结果见表 3。

5.2 1#尾水隧洞主洞

1#尾水隧洞主洞观测洞段为 TRT(1)2+005.38~TRT(1)1+1 967.26 属于Ⅱ类围岩,开挖断面呈平底马蹄形,宽 13.6 m、高 13.45 m,上层开挖高度为 9 m,平均单循环进尺 3.81 m,观测点位为上层左侧墙高 1.65 m 孔与右侧墙高 1.65 m 孔、顶拱中心孔。两茬炮间具体的错台观测结果见表 4。

以上两个量测洞段边顶拱光面爆破半孔率均在 95%以上,平均径向超挖值均在 10 cm 以内。从表 3 中的观测结果看,只要严格管理钻孔作业人员,认真按照钻孔要求钻孔完全可以将钻孔外

