

高地应力区层状围岩斜竖井施工爆破数值模拟

王鹏¹, 侍克斌¹, 龙小明², 陈功民², 白现军²

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆乌鲁木齐 830052; 2. 葛洲坝新疆工程局, 新疆乌鲁木齐 830000)

摘要: 为了解决层状围岩爆破开挖断面难成形以及层状围岩在爆破开挖时的超、欠挖的问题, 运用三维有限元的分析方法, 对布仑口—公格尔水电站斜竖井围岩进行了数值模拟分析。通过对掌子面周边围岩观测点数据分析, 得出地应力对爆破震动的一些影响, 以及层状围岩圆形断面隧洞最危险的破坏发生区和爆破震动波的传播规律, 并对层状围岩圆形隧洞爆破超挖给出具体的建议, 为层状围岩爆破开挖的施工和设计提供了参考思路 and 依据。

关键词: 层状围岩; 数值模拟; 爆破分析; 高地应力

中图分类号: TV554 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2013)02-0089-03

Numerical simulation of construction blasting of stratified surrounding rock in inclined shaft in highland stress area

WANG Peng¹, SHI Kebin¹, LONG Xiaoming², CHEN Gongmin², BAI Xianjun²

(1. College of Hydraulic and Civil Engineering, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China;

2. Gezhouba Xinjiang Engineering CO., Ltd, Urumqi 830000, China)

Abstract: In order to solve the problems about section of stratified surrounding rock being difficult to form and excessive or insufficient excavation stratified surrounding rock, the paper used three-dimensional analysis method of FEM to conduct numerical simulation for the stratified surrounding rock of the deep inclined shaft of Bulunkou - Konggur hydropower station. Through analyzing the observation data of the surrounding rock in tunnel face, it got the influence of the highland stress on blasting vibration, the most danger failure zone of the stratified surrounding rock and propagation law of the blasting vibration, and also gave suggestions about excessive or insufficient excavation stratified surrounding rock. The result can provide a way for the construction and design of similar projects.

Key words: stratified surrounding rock; numerical simulation; blasting analysis; highland stress

1 概述

自然界中具有层状结构的沉积岩大约占陆地面积的三分之二, 许多变质岩也具有层状构造特征。而层状岩体则是很多隧道普遍赋存的基本地质环境, 因此, 层状岩体中的隧洞稳定问题, 成为攻克隧道技术难题的基础性问题。在层状围岩的地质环境下进行大断面爆破, 由于围岩层理缝的影响, 爆破瞬间产生的高温高压气体形成爆破冲击波首先从最薄弱的层理面扩展, 径向产生压应力和挤压变形, 切向产生拉应力和拉伸变形。如果对于层状围岩隧道处理不好, 隧道顶部将会出现大面积平顶、落石、塌顶等现象, 不仅带来安全隐患, 还会导致隧道超、欠挖

现象严重。布仑口—公格尔水电站工程等别为 II 等, 发电引水系统建筑物按 2 级设计。其中引水系统中的斜井段总斜长 656 m, 角度 60°, 为了便于施工, 沿斜长分为三段, 中间由水平段连接, 开挖洞径 4.2m。斜井段上覆岩体厚 100 ~ 600 m, 地应力较大。围岩为层状绿泥石石英片岩、云母石英片岩, 片理较发育, 围岩裂隙的方向与斜井轴线接近平行, 对施工也极为不利。

2 计算模型

模型采用 LS_DYNA 有限元软件模拟计算, 采用 cm - g - μ s 单位制, 所有相关单位由 cm - g - μ s 转换而来, 岩体采用 3D SOLID164 单元, 粘弹性材

收稿日期: 2012-12-11; 修回日期: 2012-12-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50969010); 新疆水利水电工程重点学科基金资助项目(xjzdxk-2010-02-12); 新疆科技支撑计划项目(201233132)

作者简介: 王鹏(1987-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 研究生, 从事隧洞爆破方面的研究工作。

通讯作者: 侍克斌(1957-), 男, 新疆石河子人, 教授, 从事水利水电工程领域的教学与科研工作。

料(MAT_VISCOELASTIC)。炸药采用LS_DYNA中自带的高性能炸药材料(MAT_HIGH_EXPLOSIVE_BURN),状态方程采用JWL状态方程。炸药和岩体之间都采用Lagrange算法。由于爆破在隧道中心线两侧具有对称性,所以本模型选取半个模型进行计算,计算模型图如图1,装药简化为一个集中的柱状装药。具体参数见表1、表2、图1。

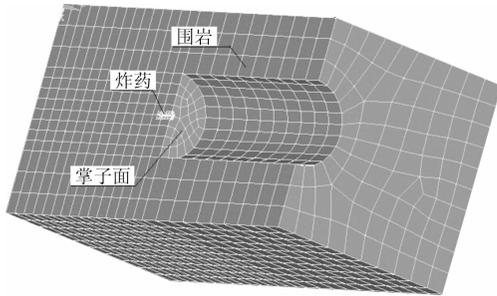


图1 计算模型图

表1 岩石材料的物理力学参数

kg/m ³ , Pa, MPa, (°), kPa							
材料	密度	弹性模量	泊松比	抗拉强度	抗压强度	摩擦角	粘聚力
岩体	2740	4.00 × 10 ⁹	0.25	1.5	80	38	700

表2 炸药参数

		g/cm ³ , m/s, GPa						
密度	爆速	C-J		JWL 状态方程参数				
		压力	A	B	R ₁	R ₂	ω	E
1	3600	3.24	47.6	0.524	3.5	0.9	1.005	4.26

3 计算结果分析

如图2、图3分别为加载20 MPa地应力和无地应力情况下洞顶处的竖向位移,从图中可以看出,在地应力的作用下,质点的竖向位移比没有地应力的时候略大,对质点震动速度的影响比较小(本文没有列出),随着地应力的不断增加,对爆破时围岩的安全将产生不利影响。图4、图5分别是平行于掌子面洞顶向上1m的观测点(2846)和平行于掌子面洞身右侧1m的观测点(3758)。图中可发现距离洞顶1m处的观测点的最大速度是垂向速度为13.57 cm/s,距离洞身右侧1m处的观测点的最大速度是水平速度为10.98 cm/s,由此可见爆破对洞顶周边的围岩破坏作用较大。根据现场施工人员测量的超、欠挖断面图也能很好的看出洞顶附近的围岩是破坏最严重的部位,如图6、7分别为现场施工人员测量的超、欠挖断面图。

在受到爆破冲击波挤压和拉伸过程中,开挖轮廓线以外的部分岩体都会有不同程度的损伤,层状围岩层与层之间粘结较差,更容易受到破坏。洞顶之所以常出现如图6、7所示的超挖现象,主要是因为隧道采用先导洞后扩挖的方式进行开挖,开挖轮廓线上的层状围岩反复经历爆破冲击波的挤压、拉伸,使得层状围岩更加破碎,更容易破裂。再加上爆破完人工排险洞顶围岩不断掉落,最终形成洞顶上的空洞。

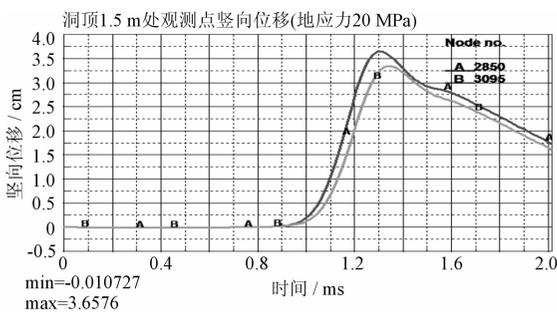


图2 竖向位移(有地应力)

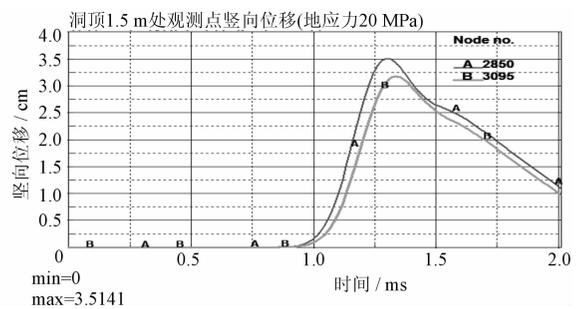


图3 竖向位移(无地应力)

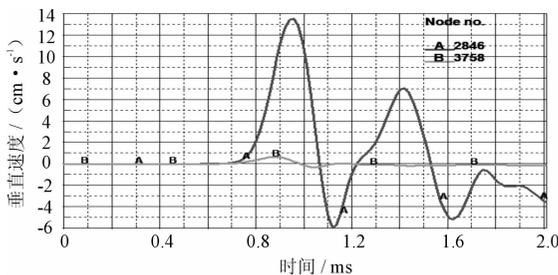


图4 垂向速度

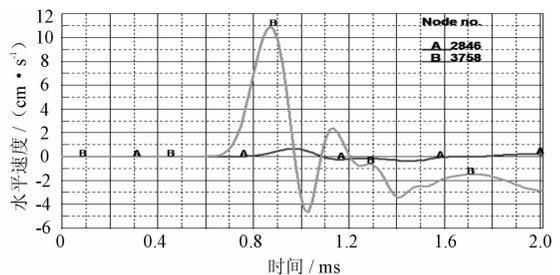


图5 水平速度

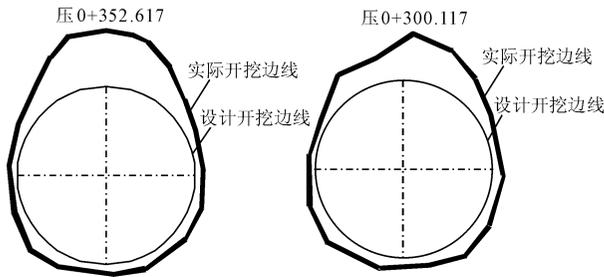


图6 断面图0+352.617 图7 断面图0+300.117

图8为洞顶上方(单元49302)1m和洞身边壁右侧(单元48764)1m两单元的最大主应力随时间变化的曲线图,由图可以看出洞顶上方1m处的最大主应力为10MPa,洞身边壁右侧1m处的最大主应力为7.8MPa,均为压应力,且洞顶的压应力大于洞身,洞顶是最容易被破坏的部位。

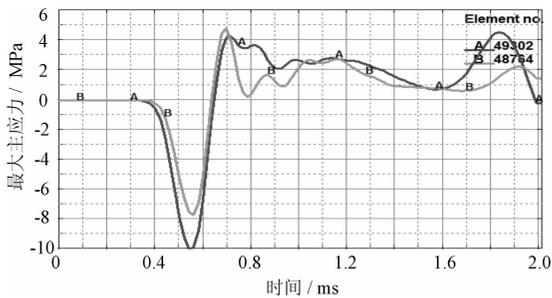


图8 最大主应力

4 结 语

(1)从爆破震动的方向性上看,洞顶的垂直速度大于水平速度,洞身边壁上的水平速度大于垂直速度,速度大小相差较大,相应位移也呈现出了同样的规律。所以爆破所产生的应力、速度和位移都具有很强的方向性。即径向的应力大于切向的应力。

(2)对于高地应力区的隧道爆破施工,应注意高地应力对于隧道及隧道爆破时产生的不利影响。

在高地应力区对于已开挖完成的隧道,应找出危险部位,及时做好支护处理,尤其对于这种容易破碎坍塌的层状围岩,防止大变形。

(3)爆破在隧道中心轴线的两边具有较好的对称性,因此在围岩性质变化不大的情况下,炮孔尽量按照中心轴线对称布置,以防止对一侧造成严重破坏。

(4)对于处在层状围岩环境下的隧道,如果采用先导洞(上导洞)后扩挖的开挖方式开挖隧洞,在开挖导洞时应适当减少顶部周边孔的炮孔数或者装药量,或者增加周边孔的间距。对于Ⅲ类围岩的周边孔间距为55cm,线装药量为0.22kg/m时效果最好,半眼眼痕的保存率较高,经济性好。因此建议本工程修改炮孔布置方案,以减少超挖现象。

参考文献:

- [1] 杨军,金乾坤,黄风雷. 岩石爆破理论模型及数值计算[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [2] 张振刚,张鸿儒,张昀青,等. 层状围岩隧道施工爆破与锚固研究[J]. 中国公路学报,2003,16(2):74-77.
- [3] 唐卫华. 水平层状围岩隧道钻爆施工控制技术研究[D]. 2009.
- [4] 史维升. 不耦合装药条件下岩石爆破的理论研究和数值模拟[D]. 武汉:武汉科技大学,2006.
- [5] 张奇. 岩石爆破基础[M]. 重庆:重庆大学出版社,1993.
- [6] 吴德伦,叶晓明. 工程爆破安全振动速度综合研究[J]. 岩石力学与工程学报,1997,16(3):266-273.
- [7] 殷立军. 层状围岩隧道施工爆破数值模拟分析[J]. 现代隧道技术,2004,41(Z3):276-279.
- [8] 周峰,刘章,陈功民,等. 高海拔高地应力区深斜井施工导井开挖技术研究[J]. 水资源与水工程学报,2011,22(3):34-37.