

条形药包洞室爆破技术在山体危岩排险施工中的应用

黄德全¹, 周 勇², 陈剑锋¹, 刘良权¹, 罗 英¹, 陶 军¹

(1. 重庆市地质勘察局 107 地质队, 重庆 401120; 2. 重庆市基础工程公司, 重庆 400012)

摘 要: 危岩体洞室爆破一次排险量大, 施工速度快, 是大量应急排险的首选爆破方案。本次巫山山体危岩洞室爆破排险, 通过详细的地质调查和地形地貌测绘, 采取信息化指导施工, 安全、快速地完成了应急排险任务, 一次排险 28.7 万 m³, 历时 46 天, 取得了较好的经济效益和社会效益。论述了本次爆破方案的设计、爆破参数的选择以及施工技术, 介绍了爆破效果, 总结了经验体会。

关键词: 危岩体; 洞室爆破; 应急排险; 信息化施工; 爆破能量损失; 爆破药量

中图分类号: TD235.34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)01-0074-05

Application of Chamber Blasting with Linear Charge in Unstable Rock Risk-elimination/HUANG De-quan¹, ZHOU Yong², CHEN Jian-feng¹, LIU Liang-quan¹, LUO Ying¹, TAO Jun¹ (1. No. 107 Geological Party, Chongqing Bureau of Geology and Mineral Exploration, Chongqing 401120, China; 2. Chongqing Foundation Engineering Company, Chongqing 400012, China)

Abstract: Unstable rock chamber blasting is the first blasting scheme for large volume emergency treatment with rapid construction speed. With detailed geological survey and topography mapping, and with informational instruction, the risk-elimination by chamber blasting was carried in Wushan, 287000m³ unstable rocks were eliminated in 46 days. The paper discussed the blasting scheme design, blasting parameter selection, construction technology and blasting effect with the experience.

Key words: unstable rock; chamber blasting; emergency treatment; information construction; blasting energy loss; explosive dosage

0 前言

我国洞室爆破技术的应用和发展经历了 3 个阶段: 20 世纪 50 ~ 60 年代集中药包爆破技术探讨和大量应用阶段; 60 ~ 70 年代定向筑坝技术在水电站和水库建设中的大量应用阶段; 80 年代至今, 条形药包装药洞室爆破的大量应用阶段。在国内, 有关条形药包洞室爆破的研究始于 20 世纪 70 年代末, 从 80 年代到 90 年代, 条形药包洞室爆破技术应用领域和规模逐渐扩大, 特别是 90 年代后, 沿海地区经济的飞速发展, 大规模的开发建设进一步促进了条形药包洞室爆破技术的发展。其中规模和影响较大的工程有: 1985 年福建顺昌石灰石矿的 1700 t 剥离大爆破; 1991 年广东惠州芝麻州 3100 t 移山填海大爆破; 1992 年广东珠海炮台山 12000 t 的移山填海大爆破。近年来, 在石方路堑施工中, 为控制主体石方爆破效果和路堑边坡质量, 发展了条形药包洞室加深孔预裂一次成型的综合爆破技术, 爆破形成

的边坡稳定、平整。这一切充分显示出我国在条形药包洞室爆破的工程应用上走在了世界的前列。目前, 随着我国大型钻机和开挖机具设备的发展和更新、爆破环境的日益复杂化以及爆破对周围地区的影响控制程度要求的提高, 大量土石方开挖工程目前已广泛采用深孔爆破方法, 而洞室爆破的应用范围受到限制。

地灾山体排险爆破施工, 是近几年爆破工程所涉及的新领域, 有着广阔的市场范围和应用前景, 特别是三峡库区蓄水运行后, 诱发的大量地质灾害需要应用爆破施工技术予以快速排险, 以便尽快恢复当地的生产和生活次序。通过在重庆武隆、巫山等典型地灾排险爆破项目条形药包洞室爆破技术的应用, 得到的大量经验证明: 要想条形药包洞室爆破在地灾排险爆破领域得到更广泛的应用, 必须要解决以下两方面的问题: (1) 因洞室爆破技术中的药室和导洞开挖需要人工、机械长时间在危岩体上作业,

收稿日期: 2009-10-29

作者简介: 黄德全 (1964-), 男 (汉族), 重庆合川人, 重庆市地质勘察局 107 地质队高级工程师、一级建造师、全国监理工程师, 探矿工程专业, 从事公路、铁路、矿山、码头、水利水电等工程的施工及技术管理工作, 重庆市渝北区两路镇双凤支路 5 号 5-2; 周勇 (1963-), 男 (汉族), 四川渠县人, 重庆市基础工程公司经理、工程师, 探矿工程专业, 从事岩心钻探、岩土工程、地质灾害治理工作, 重庆市渝中区大坪长江二路 177-2 号。

其如何规避排险施工中的安全风险;(2)山体大量裂隙产生的爆破能量损失与常规硐室爆破药量计算的修正量问题。本文就条形药包硐室爆破技术在巫山山体排险施工中,这两方面问题的解决方法和措施的应用方面作了一些尝试。

1 工程概况

重庆市巫山县笃坪乡鹤溪村危岩位于县城东南120多千米的笃坪乡鹤溪村“三县煤矿”右侧,地区海拔2000余米,属喀斯特地貌,危岩为灰岩,呈近似水平层理的巨厚层状,岩层的厚度在几十厘米至几米之间,层与层之间夹有灰、灰黑、黄褐色等薄层状粘土和煤层。危岩带宽度120余米,高度130~150 m。该危岩带在地表水沿岩石裂隙或顺斜坡向下流动过程中,因剥蚀作用形成的溶沟将危岩带分成3个相对独立又相互联系的危岩体,分别编号为1、2、3号危岩体(见图1)。2号危岩体居中,比相邻的2个危岩体高数米。3号危岩体已于2009年2月3日因危岩裂隙发育和岩石自重引起部分崩塌,其危岩体顶部已脱离母岩向外倾斜,顶部裂隙最宽处10余米。3号危岩体崩塌下来的岩石碰撞后的小石块飞出400余米砸烂了村民一台洗衣机,并打断了一村民大腿,后因其流血过多而死亡。



图1 危岩体分布图

周围要求保护的永久建(构)筑物较多,危岩东侧200 m处、东北方向330 m处、西侧230 m处和西北方向350 m处均有三县煤矿的厂房设施,以及西北方向270 m与290 m处有两栋民房,东北方向470 m处有一栋民房,在危岩体的正北方向260 m处有一条宽度约1.0~7.5 m的冲击河沟,河沟的后侧距离危岩体400~450 m处散落有4户民房,其余环境宽阔,为山区丘陵地带,人烟稀少。

1号危岩体体积约为116775 m³,2号危岩体体积约为106337 m³,3号危岩体体积约为225454 m³,总体积约为448566 m³。危岩主要危害对象是鹤溪

村村民的生命财产和三县煤矿矿区设施,其中村民16户(63人),在用巷道硐口及其附属设施6处,直接经济损失达1500万,危害对象等级划分为二级。

本次爆破排险的要求是:

- (1)在46天的时间里完成排除该危岩体28万m³;
- (2)爆破飞石控制在100 m内;
- (3)控制地震效应,尽可能保护周边建(构)筑物;
- (4)动用一次警戒力量一次爆破完成排险。

2 爆破方案设计

2.1 设计原则

2.1.1 充分调查研究的原则

该危岩体因卸荷崩塌和地下老矿硐沉陷等多种因素作用,其与母岩体间形成的拉裂缝横向发育较为宽大,向下贯通深度大,危岩体下根部破碎,且危岩体体内拉裂隙发育,处于临界平衡状态。其前期地质调查对于危岩体内体的裂隙状况和地形地貌的测绘相对比较粗糙,不能满足爆破设计的要求。在进行爆破排险方案设计时,必须重新进行调查研究,弄清裂隙的分布状况和贯通方向、深度,准确测绘危岩体地形图,并在拟定位置测绘出危岩体的水平剖面图和垂直剖面图,以便准确设计出药室位置和炮孔位置。

2.1.2 硐室爆破和深孔爆破相结合的原则

硐室爆破需要进行导硐施工和药室开挖等工程施工。对于高耸的危岩体,导硐和药室的开挖减小了危岩体的根部支撑断面积,在导硐和药室开挖爆破中的多次反复爆破震动,极易诱发危岩体突发性的失稳崩塌,威胁施工作业人员的安全。在爆破方案的设计选择上,要针对危岩处于稳定、欠稳定和 unstable 3种状况分别设计。对于自然工况暂时处于稳定、欠稳定状态而雷暴、地震工况不稳定的危岩,直接在危岩体上开挖导硐采用硐室爆破的工艺技术;对于自然工况处于不稳定状态的危岩,采取中深孔爆破的工艺技术,中深孔的钻凿施工采取支架平台或危岩体外侧导洞接近的原则,以此避免人员在危岩体内施工。

2.1.3 监控量测信息化施工的原则

危岩体爆破排险施工,监控量测工作十分重要。没有监控量测工作,就没有排险施工的安全性。监控量测应采取全站仪和水准仪对危岩体的高程和水平位移进行精确量测,对于临界平衡的危岩体,尚应

安装位移收敛仪和自动报警装置,采用监控量测指导施工。

2.2 方案选择

根据危岩监控测量情况(参见图2~5),1号和2号危岩体水平向拉裂宽度不大,一般在30~70 cm,垂直拉裂缝深度大,几乎贯穿到山崖底部,拉裂面呈70°~75°,危岩体呈高耸状,高度70余米,厚度一般在17~25 m,爆破方案采取条形药包洞室崩塌爆破的方式,在危岩体根部设置洞室,将该危岩体自

稳定高程以上完全爆破崩塌。3号危岩体水平向拉裂缝大,达10余米,竖向发育宜深大,但竖向的拉裂面近于垂直,危岩体呈四棱柱状少量外倾,采取顶部削坡减载的爆破方式进行排险,爆破减载高度50 m。

1、2、3号危岩均采用条形药包洞室爆破的爆破方式。

2.3 爆破参数的选择

2.3.1 最小抵抗线 W

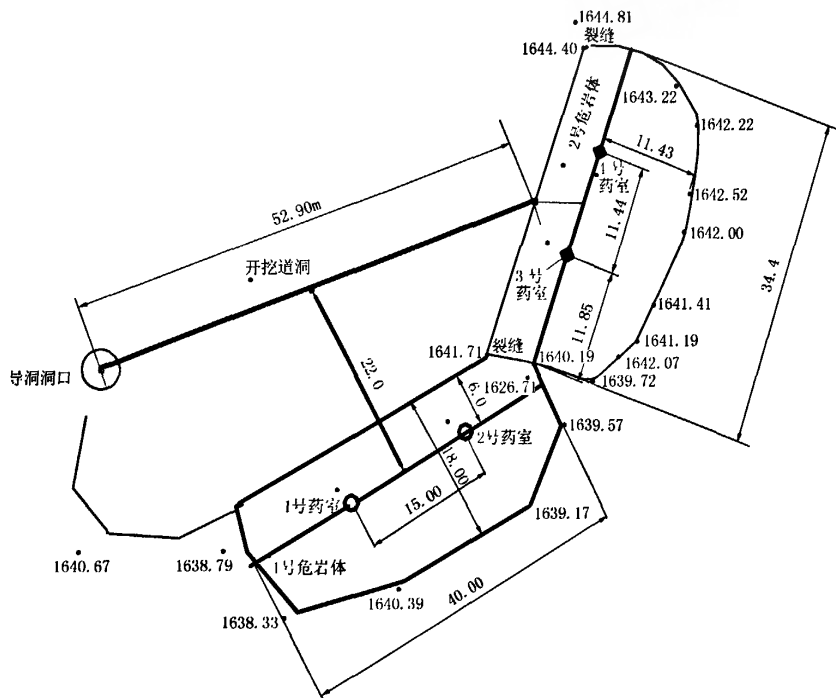


图2 1、2号危岩1650高程水平断面图

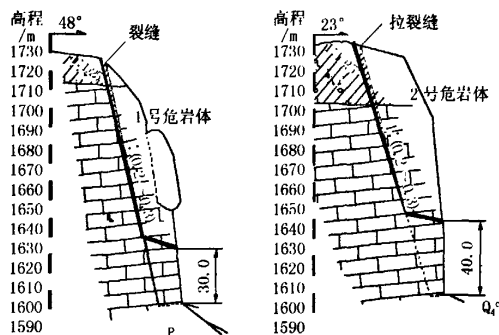


图3 1、2号危岩垂直断面图

主要依据爆破方量、地形条件、抵抗线 W 与埋深 H 之比、抛掷距离、不逸出半径以及安全距离等来选择。最小抵抗线一般在8~25 m,太小会增加洞室开挖量,太大则要增加药量以克服重力作用。

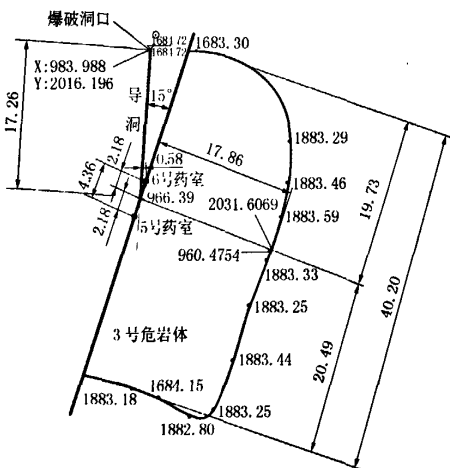


图4 3号危岩1683高程水平断面图

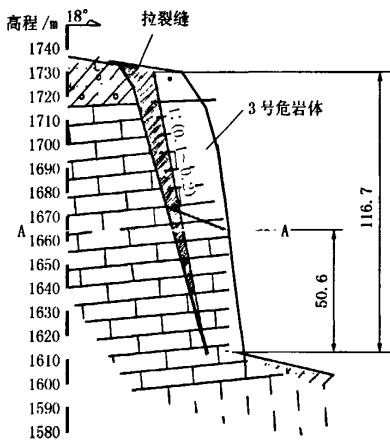


图5 3号危岩体垂直断面图

2.3.2 炸药单位用药量

炸药单位用药量与岩石性质、炸药威力有关。根据现场实际情况,此次岩石为厚层、致密石灰岩,对于2号岩石铵梯炸药来说,单耗选取 $K=1.05\text{ kg/m}^3$,而对于现在的岩石膨化硝铵炸药,其单耗应选取 $K=1.05\text{ kg/m}^3\times 1.15=1.2\text{ kg/m}^3$ 。

2.3.3 药量计算

条形药包药量计算公式:

$$Q_{\text{条}}=q_{\text{条}}W_{\text{条}}$$
$$q_{\text{条}}=KW_{\text{条}}^2(0.4+0.6n^3)$$

式中: $Q_{\text{条}}$ ——装药量,kg; K ——炸药单耗, 1.2 kg/m^3 ; $W_{\text{条}}$ ——最小抵抗线,m; n ——爆破作用指数,采用加强松动爆破,取0.75。

由于危岩体多临空面,因此,在设计上未考虑端头加药量。实际装药时,考虑到危岩体裂隙发育,爆破气体逸出严重,按计算值增大10%装药。

1、2号危岩采取崩塌的方式,在高程1650 m处开挖水平导洞进入危岩体并开挖药室。导洞断面按 $1.2\text{ m}\times 1.8\text{ m}$ 控制,药室按单层单排进行布设。因危岩体在1650 m高程处与母岩间形成 $0.5\sim 0.8\text{ m}$ 宽度的裂隙,药室的布置原则上应将危岩体作为孤体进行位置的布设和药量的计算,同时应综合考虑前后临空面的差异等因素。1号危岩水平断面上的厚度18 m,长度40 m,药室布置为双药室,编号为1、2号药室,该药室外侧临空面的最小抵抗线为12 m,母岩方向的最小抵抗线为6 m。2号危岩体水平断面的厚度16 m,长度34.4 m,药室布置为双药室,编号为3、4号药室,该药室外侧最小抵抗线为12 m,母岩方向最小抵抗线为4 m。

3号危岩采取在1683 m高程处的削坡减载的

爆破排险方式。该危岩体1683 m高程水平断面厚度36 m,长度41.2 m,高度57 m。按照单药包计算药量,条形药室装药,设计为正面抵抗线18 m,侧向抵抗线18 m,为2个条形药室,编号为5、6号药室。

本次爆破的爆破参数如表1所列。

表1 爆破参数表

危岩 编号	排险 方式	药室 布置	最小抵抗线 W/m 2号岩石炸药			备 注
			外侧临 空面	距内拉 裂面	药室 编号	药量 /kg
1	崩 塌	单层单排	12.0	6.0	1	1874
		双药室			2	1874
2	崩 塌	单层单排	12.0	4.0	3	1874
		双药室			4	1874
3	削 坡	单层单排	18.0	18.0	5	2875
		双药室			6	2875

2.4 硐室堵塞

堵塞回填的质与量对于硐室爆破十分重要,原则上堵塞的长度不得小于设计的最小抵抗线,并应愈大愈好。本次爆破排险1、2号危岩的药室间堵塞长度为全堵塞,丁字口外堵塞长度为18 m;3号危岩的药室间堵塞长度亦为全堵塞,丁字口外堵塞长度为23 m。堵塞材料均为爆破石渣袋装回填。

2.5 爆破网路

为确保爆破网路的安全,本次爆破设计为非电和电爆复式起爆系统。电力起爆网路为应用网络,非电起爆网络为备用网络。电力起爆网络和非电起爆网络分别穿入PVC管引出洞外,并在回填堵塞过程中经常检查网路的畅通。

每个药室置入电力起爆体2个,置入非电起爆体1个。每个电力起爆体并联两发雷管,并按照同药室并联药室间串联形成并串联电爆网络,网路的发爆电流85 A,单发雷管过流电流42 A,确保了网路的准确起爆。

药室间爆破延时时间选择不可过大和过小,过大容易造成先爆岩块砸坏网络形成部分药室拒爆,过小容易造成地震波叠加,形成地震效应破坏周边建(构)筑物。本次爆破3号危岩体的5号药室为1段,6号药室为3段,2号危岩体的3、4号药室为5段,1号危岩体的1、2号药室为7段。危岩体间延时时间差一般为50 ms。

3 爆破效果

1、2、3号危岩体一次装药于2009年7月28日12:00时准时起爆(见图6)。1、2号危岩爆破后,危岩体沿着与母岩的拉裂面整体崩塌,岩面完整、光

滑,排险彻底、安全。3号危岩爆破后,大部分岩块被抛掷,少部分堆积在1683 m高程的爆破平台上,部分经再次解块后用挖机挖移出平台外,排险亦安全、彻底。排险达到预期要求。



图6 起爆瞬间

本次爆破经实测验收,1号危岩体排险方量12万 m^3 ,2号危岩体排除危岩体7.2万 m^3 ,3号危岩体排除危岩量9.5万 m^3 ,总计排险28.7万 m^3 。爆堆集中、稳定,对于1650 m高程下未予爆破的危岩体,起到了堆载压脚的稳定作用。爆破飞石控制在50 m范围内。爆破震动小,距离爆点100 m左右的土坯房安然无恙。爆破形成的新岩面完整、光滑,无新的危石、悬石。本次爆破排险达到应急排险目的,效果十分理想,爆破效果见图7。



图7 1、2、3号危岩爆破后

4 几点体会

(1)应急排险采取条形药包硐室爆破是可行的。硐室爆破排险具有排险时间短,一次爆破量大,且经济效益、社会效益显著。本次爆破进场时间2009年6月12日,爆破时间2009年7月28日,历时46天完成排险28.7万 m^3 ,非硐室爆破难以实现。

(2)信息化指导排险施工,是安全排险的关键。2号危岩原计划是导硐开挖到危岩体与母岩的裂隙面后采用地质钻机凿 $\varnothing 150\text{ mm}$ 的中深孔爆破排险方式,实际施工中,经对危岩体的变形位移监测,信息反馈该危岩体暂时处于自然工况稳定、暴雨工况

欠稳定状态,据此决定将该中深孔爆破方式改为硐室爆破。在该硐室掘进开挖中,采取自然工况下掘进洞室,暴雨工况暂停施工,并采取全站仪,水准仪和自动报警仪等对该危岩进行24 h连续监测,确保了该危岩的安全施工。

(3)危岩体在形成过程中除与母岩间产生大的拉裂隙外,在危岩体内往往会产生纵横交错的裂隙,在爆破瞬间其爆破气体会大量逸出影响爆破效果。排险施工条形药包硐室药量计算按照公式:

$$Q_{\text{条}} = q_{\text{条}} W_{\text{条}}$$

$$q_{\text{条}} = KW_{\text{条}}^2 (0.4 + 0.6n^3)$$

计算出常规药量后,在不考虑端头加药的情况下,加大10%~15%的药量是可行的,但要充分考虑周边环境因素及岩体裂隙情况,裂隙多环境好取大值,反之取小值。本次爆破加大量10%,未予出现爆破飞石,又达到了预期的爆破效果。

(4)3号危岩体硐室爆破的下破裂线在危岩爆破中未预期形成,造成爆后平台上堆渣多于预期。3号危岩削坡减载爆破计划的下破裂线按照公式 $R = W\sqrt{1+n^2}$ 计算为22.5 m(其中 $W=18\text{ m}$),破裂高度应为13.5 m,以此下破裂线形成的面在爆破后不应堆积较多的渣石。而实际上,爆破的下拉裂高度经测量仅1.0 m,在爆破药室平面1683 m上基本为水平平台,在爆破后该平台堆积石块量较大,致使爆破后不得不再次动用挖机来清除该平台上的爆破渣石。事后,在机械清理中发现,在低于硐室底板高程的位置,是一处山体水平地质层理构造,从而改变了下破裂线的正常形成,因此,硐室爆破排险设计中利用下破裂线泄落岩渣应慎重,应充分考虑岩层层理及软弱夹层对下破裂线形成的影响。

总的来说,本次爆破实践,无论是从条形药包硐室爆破技术的应用心得,还是经济和社会效益方面都有很大的收获。

参考文献:

- [1] 冯叔瑜,等.中国工程爆破技术发展历程与展望[A].工程爆破文集[C].深圳:海天出版社,1997.
- [2] 冯叔瑜,等.铁路爆破事业的发展与展望[A].铁路工程爆破文集[C].北京:中国铁道出版社,2000.
- [3] 汪旭光,等.我国爆破事业的发展和新世纪的展望[A].工程爆破文集[C].乌鲁木齐:新疆青少年出版社,2001.
- [4] 杨年华.条形药包爆破现状和展望[J].爆炸与冲击,1994,(3).
- [5] 陈作彬.田湾核电站扩建山体爆破工程爆破质量安全控制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3).