

# 条形药包在古生物化石盗洞爆破封堵工程中的应用

王玉平

宁夏天宏爆破有限公司 宁夏 银川 750001

**摘要：**古生物化石（俗称“龙骨”）是指地质历史时期形成并赋存于地层中的动物和植物的实体化石及其遗迹化石。作为地球发展史和人类发展史的“活化石”，盗采盗挖化石会造成不可逆的损坏，周边自然生态也可能遭到严重破坏，存在巨大安全隐患。为了有效破坏古生物化石盗洞结构，达到爆破封堵的目的。通过勘查和查阅相关资料古生物化石盗洞围岩为硬质黄土，普氏系数在2~5之间，属于中等坚硬地层，可爆性一般。盗洞靠人工沿地层水平开挖，个别盗洞已开挖深度超过50m。根据现场环境条件及封堵要求，采用“条形药包、松动爆破”方法，探讨条形药包布置方式和爆破参数，装药的窝洞均匀分布拐洞交岔点及洞口6m处，为了充分保证破坏盗洞内部结构和爆破安全，装药窝洞沿盗洞延伸方向采用编织袋装土的方式进行封堵，长度不小于6m。爆后现场观察盗洞顶部围岩坍塌，延盗洞形成爆破漏斗，达到封堵目的。

**关键词：**爆破封堵；古生物化石盗洞；爆破漏斗；条形药包

宁夏回族自治区固原市彭阳县非法盗取古生物化石活动日趋上升，主要集中在彭阳县小岔村、周庄村、何岷村和北源村，此区域古生物化石分布广范，围岩土层易开凿，成为盗挖古生物化石重点区域。盗采化石不法分子采用洞采的方式进行挖掘，造成当地古生物化石资源严重浪费，同时给当地生态环境造成严重破坏，局部地区造成河道堵塞等重大安全隐患。为了从根本上杜绝古生物化石盗采和保护当地生态环境，当地自然资源局决定采用爆破方式破坏盗洞内部结构和洞口封堵，爆破中心粉碎区域采用植绿的方式恢复，植被恢复需要坚持因地制宜与周围环境相结合，减少径流对场地破坏的原则，保持当地生态系统的多样性。

## 1 工程概况

彭阳县古生物化石盗洞本次爆破共23个，多分布于悬崖，无人区域。同一区域盗洞间距5m以上，盗洞围岩均为硬质黄土，普氏系数在2~5之间，属于中等坚硬地层。盗洞呈半圆拱形，高0.8~1.5m，宽0.8~1.2m，洞深5~50m，整体形成不规则巷道式平洞，洞内采用预留柱体进行支撑，拐洞错综复杂，施工难度高。爆破区域无重要保护设施，爆破环境良好。古生物化石盗洞周围环境见图1和洞内结构见图2。

## 2 方案选择

古生物化石龙骨盗洞处理方式无文献参考，本次古生物化石龙骨盗洞处理方式采用采空区处理方式。彭阳县古生物化石盗洞多分布于悬崖等偏僻处，采用混凝土充填方法，混凝土的需要量大，运输极为困难。考虑彻底阻断古生物化石复采和周围环境的影响，因此采用爆

破崩落法处理更为安全、经济和高效。



图1 古生物化石盗洞及周围环境图



图2 古生物化石盗洞洞内结构图

崩落法可采用“钻眼爆破”和“硐室爆破”等技术手段<sup>[1]</sup>，钻眼爆破方法在盗洞内钻凿炮孔，装药后进行爆破，此方法需要破坏盗洞整体，施工强度高，经济投入大，工期长，林地破坏面积大，因此在盗洞支撑结构处人工在洞壁掏出一定大小的药室，在药室两端分别用编织袋装土进行堵塞，破坏支撑结构，爆破后的土渣充填盗洞，达到封闭盗洞的效果更为经济合理。

## 3 药包布置

根据药包爆炸应力波阵面形状，条形药包波阵面在药包径向范围内是柱形，而两端基本是半圆形，其半圆圆心在条形药包端点处，半圆半径与圆柱半径相等，柱

部的应力场强度大于端部。根据应力峰值等值线的分布特征可以说明条形药包爆破作用力具有良好的定向性<sup>[2]</sup>，根据条形药包的定向爆破作用原理和古生物化石盗洞形状来布置条形药包，避免出现“打炮”现象。条形药包应力等值线的分布见下图3。

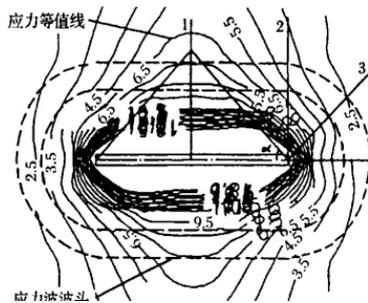


图3 条形药包爆破应力等值线分布图

前期对古生物化石盗洞药包放置的区域进行处理，挖出药室，药包靠近洞壁一次码放，药包间用编织袋装土后进行堵塞，研究表明，带有空腔的条形装药，可以改善爆破作用条件，提高炸药能量利用率，利用现有空腔比研究成果，空腔比在4~5之间<sup>[3]</sup>。为了保证爆破安全及封堵效果，洞口堵塞长度6m。药包布置见下图4和药包现场布置图5。

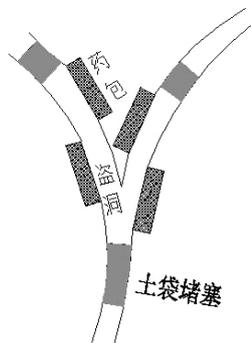


图4 药包布置示意图



图5 药包布置现场图

#### 4 爆破参数

##### 4.1 标准爆破漏斗炸药单耗

$$\text{根据岩石容重: } K_0 = 0.4 + \left(\frac{r}{2450}\right)^2 = 1.4 \text{ kg/m}^3$$

式中: r—岩石容重, kg/m<sup>3</sup>; r取2700 Kg/m<sup>3</sup>

本次爆破选择的分集药包松动爆破的炸药单耗K = (0.2~0.6) K<sub>0</sub> = (0.28~0.84) kg/m<sup>3</sup>, 取K = 0.4kg/m<sup>3</sup>。

##### 4.2 最小抵抗线W

本工程取最小抵抗线W根据实际现场地形选取。

##### 4.3 爆破作用指数

根据爆破性质、地形条件和同类工程经验, 取n=0.8。

##### 4.4 装药量<sup>[4]</sup>

$$\text{条形药包: } Q = KW^3 (0.4 + 0.6n^3), \text{ Kg}$$

##### 4.5 压缩圈半径<sup>[5]</sup>

$$\text{分集药包: } R_v = 0.62 \times \sqrt[3]{\frac{Q\mu}{\Delta}}, \text{ m}$$

式中: Δ—炸药密度, 取Δ = 0.85

μ—压缩系数, 取μ = 10, 其它条符号含义同前。

##### 4.6 下破裂半径

$$\text{斜坡地形: } R = W\sqrt{1+n^2}, \text{ m}$$

##### 4.7 上破裂半径

$$\text{斜坡地形: } R' = W\sqrt{1+\beta n^2}, \text{ m}$$

式中: β—爆破漏斗上向崩塌系数, β = 6

爆破参数计算详见成果表(表1)

表1 爆破参数计算成果表

盗洞编号	最小抵抗线/W (m)	标准耗药量 /K (kg/m <sup>3</sup> )	爆破作用指数/n	药包压缩圈半径/R (m)	下破裂半径/R (m)	上破裂半径/R (m)	装药量/Q (kg)	堵塞长度 (m)
D-1	6.00	0.40	0.75	5.55	7.28	16.32	61.10	7.20
D-2	5.00	0.40	0.75	4.63	6.28	13.60	35.36	6.00
D-3	6.00	0.40	0.75	5.55	7.28	16.32	61.10	7.20
D-4	7.00	0.40	0.75	6.48	8.28	19.04	97.03	8.40
D-5	6.50	0.40	0.75	6.02	7.78	17.68	77.69	7.80
D-6	6.00	0.40	0.75	5.55	7.28	16.32	61.10	7.20

#### 4.8 起爆网路

本次爆破采用数码电子雷管起爆网路, 延时时间设定为50ms, 为了减少爆破烟尘对环境的污染, 起爆顺序为洞口向盗洞内部顺序起爆。

#### 4.9 装药与堵塞

药包位置由技术人员现场布置、测量、放样, 并对施工人员进行设计交底, 包括药包码放位置、装药长度与位置, 堵塞长度和位置、正(副)起爆体位置、导

线长度等。盗洞内装药应将炸药成袋(包)码放整齐,相互密贴,为了保证安全,起爆体应尽量最后装入,并放在药室的前侧中间部位。加工起爆体使用的雷管应逐个进行单发检测。装入起爆体内的电子雷管脚线长度为20~30cm,雷管脚线不应在搬运和联线时承受拉力。加工好的起爆体上应标明药包编号和雷管延时时间。

在施工前首先对盗洞周围环境进行详细勘察,主要观察盗洞有无塌方、落石等地质灾害的发生,盗洞内部有无有毒气体聚集,浓度是否超标,在发现危险隐患后采取必要的安全防范措施后再进行施工。

洞口堵塞长度:  $L_T \geq 1.2W$ , 取6m, 药包间堵塞长度: 取3m, 填塞时, 应保护好从药室引出的起爆网路, 保证起爆网路不受损坏。填塞时, 安排专人检查填塞质量。填塞完毕, 爆破技术人员进行验收。爆破后的现场图片如下图6所示。

### 5 林地破坏面积测算

彭阳县古生物化石盗洞爆破封堵会造成草地等植被破坏, 根据爆破破坏范围, 爆破中心粉碎区的破坏最为严重, 裂隙区和震动区破坏较轻不在植被恢复范围。盗洞内部破坏支撑结构, 爆破后的土岩充填内部空腔, 地表目测无塌陷。洞口破坏植被最为严重, 因此主要是统计洞口植被破坏面积。



图6 爆破效果现场图

植被恢复需要坚持因地制宜, 与周围环境相结合, 减少径流对场地破坏的原则, 不能较大改变当地的地形和植被生态系统, 合理选取当地骨干植被种子, 保持生态系统的多样性。植被恢复前需要对场地进行标记、除草、翻耕以及场地育肥, 最快地恢复植被。植被恢复完成后需要定期养护以及人畜的防护, 不能二次破坏。

根据前期的勘察, 本次爆破区域多以草地为主, 盗采古生物化石后遗留的土渣已经对周围生态植被造成大范围破坏, 破坏面积约为500m<sup>2</sup>。因此古生物化石盗洞爆破封堵后, 对爆破中心粉碎塌陷区的面积进行测量统计以及前期盗采破坏的草地进行人工恢复。

压缩圈半径理论值按集中药包公式计算, 条形药包无相关经验公式, 通过对爆破后的粉碎区面积的测量, 可以判断条形药包压缩圈形状、面积和集中药包压缩圈半径的对比分析。林地面积计算和测量见成果表(表2)。

表2 林地面积计算和测量见成果表

盗洞编号	长径比	药包压缩圈半径/ R (m)	计算爆破粉碎区面 积/S (m <sup>2</sup> )	测量粉碎区长度/ (m)	测量粉碎区宽度/ (m)	测量粉碎区面积/S (m <sup>2</sup> )
D-1	6	5.55	96.24	4	8	31
D-2	6	4.63	67.26	3	7	21
D-3	6	5.55	96.86	5	7	36
D-4	6	6.48	131.84	4	11	43
D-5	6	6.02	113.67	5	7	35
D-6	6	5.55	96.86	4	8	33

### 6 结语

(1) 本次古生物化石盗洞爆破封堵工程采用“条形药包结构洞室松动控制爆破”技术, 并借鉴洞室爆破设计理念和施工措施, 改善了爆破效果, 保证爆破施工作业的安全, 为灾害治理方面等类似工程借鉴与参考, 同时采用爆破方法震慑不法分子, 减少古生物化石盗采。

(2) 采用条形药包爆破在硬质黄土地质结构中, 计算粉碎区面积为实际粉碎区面积的2~5倍, 采用条形药包减少林地面积破坏, 为后续覆土植绿工作奠定基础。(3) 条形药包粉碎区形状为近似长方形, 长宽比约为3, 条形药包的长径比约为长宽比的2倍, 后续应在不同长径比下, 分析粉碎区长宽比, 为后续爆破理论参数提供可靠依据。

### 参考文献

- [1] 许名标, 彭德红. 某废弃萤石矿安全治理工程爆破设计与施工[J]. 工程爆破, 2010, 16(4): 87-90.
- [2] 郑炳旭, 张志毅. 条形药包爆破理论与技术[J]. 工程爆破, 2003, (2003)01-0022-05.
- [3] 龚敏, 王德胜, 程西江. 条形药包不同空腔比试验研究[J]. 爆破, 2004, 21(4): 1-4.
- [4] 张志毅, 戈鹤川. 条形药包洞室爆破装药量的设计计算公式[C]. // 工程爆破文集——全国工程爆破学术会议论文选. 深圳: 1997: 349~353.
- [5] 高荫桐, 刘殿中. 分集药包爆破效果的试验研究[J]. 爆破, 2003, 20(4): 41-44.