

文章编号: 0451-0712(2006)03-0196-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

# 浅谈洞室爆破法在路堑开挖中的应用

吴付宽

(中交路桥北方工程有限公司 北京市 101119)

**摘要:** 目前,爆破的方法种类较多,各具特色。洞室爆破作为传统的爆破方法在我国被广泛应用,结合在水南路上的成功经验,谈几点体会。

**关键词:** 路堑开挖; 洞室爆破; 控制

洞室爆破是将大量炸药装入洞室和巷道中进行爆破的方法,所用机械设备简易,费用低,爆破方量较大,适用于大型山体爆破。我国是进行洞室爆破最多的国家之一,有着丰富的经验。但随着施工技术的不断创新,机械设备的革新,一些传统的施工方法正逐渐被取代,由其历史积累下的经验数据是值得参考的,在某些特殊的施工条件下,改善一下洞室爆破的方法,取长补短,对我们的施工也有很强的指导意义。

## 1 工程实例

广西河池(水任)~南宁(水南)公路第三合同段(K154+209.98~K192+600)设计为二级公路,地处山岭重丘区,多处深挖石质路堑在施工中采用洞室爆破及光面爆破相结合的施工技术,有效地解决了潜孔钻机不足的现状,取得了良好的工程效果。现以K190+152.6~K190+190段路堑开挖为例,介绍洞室爆破技术的具体应用。

### 1.1 工程概况

K190+152.6~K190+190段,最大挖深13 m。该段石质为坚硬石灰岩,节理发育,地表有0~1.2 m厚的坡积土。从裸露的岩石面和地质资料了解到,此段路基岩石性脆,易爆,属V、VI类岩石。

### 1.2 爆破方案的选定

根据此段路基施工设计要求,开挖不准采用过量大爆破施工,为的是防止破坏山体稳定,给路基带来病害。因此,爆破方案的选择首先必须考虑保障边坡稳定,其次是保证路基施工填料粒径问题,确保施

工质量和工期需要,提高经济效益。

(1)采取小风枪打眼放炮的方法,工效低、进度慢、费用高,不能满足机械化施工的要求,工期不能保证。因此采取风枪打眼放炮是不适宜的。

(2)如采取潜孔钻深孔爆破的施工方法,与常规大爆破相比,对保护边坡稳定是有利的,但由于本段目前施工开口石质节理发育,裂隙十分丰富且整段地面为孤石覆盖,暂无法使用潜孔爆破的方法。加之,本合同段点多线长,石方工作量大,单靠深孔爆破的方法,也无法解决施工工期问题,而且一次性钻机投入大、成本高,因此深孔爆破只能在相适应的地段开挖时采用。

(3)在洞室大爆破的基础上优化方案,采取洞室松动控制爆破,通过对单位耗药量、药包分布、起爆顺序以及爆破规模的控制并采用非电大间隔微差起爆新技术,实现药包使用范围、爆破振动和飞石距离的控制,以达到保护边坡稳定的目的。

### 1.3 爆破参数

(1)炸药的换算系数 $e$ 值的确定。

本次爆破采用2号岩石铵梯炸药。2号岩石铵梯炸药的爆力为320,其换算系数为1。

(2)爆破设计中,根据以往的经验并查有关资料得,在松动控制爆破中 $n < 1$ 时,用药系数 $kf(n)$ 采用下面的公式计算:

$$kf(n) = k(0.4 + 0.6n^3)$$

式中: $k$ 为单位体积耗药量,取值为 $k = 0.8 \sim 0.9 \text{ kg/m}^3$ ;  $n$ 为爆破作用指数,加强松动爆破时要求大块率在10%以内,因最小抵抗线小于20 m,故 $n$

值取0.75。

(3)药包的炸药量计算。

采用加强松动控制爆破药量计算公式:

$$Q = kf(n) \cdot W^3 \cdot e$$

式中:  $Q$  为炸药量, kg;  $kf(n)$  为用药系数, kg/m<sup>3</sup>;  $W$  为最小抵抗线;  $e$  为炸药换算系数。

最小抵抗线取决于爆破规模和爆区地形, 指从药包布置中心至施爆区临空面最短的距离, 一般情况下不宜大于30 m。

(4)药包间距  $a$ 。

为了减少大块率以及确保安全, 药包间距适当缩小。

$$a = m\bar{W}$$

式中:  $\bar{W}$  为相邻2个药包间最小抵抗线的平均值;  $m$  为间距系数, 松动爆破时取0.8~1.0。

(5)药包布置。

为了便于施工, 根据现场地形特点及路堑开挖断面形状布设药包。结合爆破石料破碎程度的要求, 本次爆破采用单层药包合理布置, 其药包布置规律为以相邻2个药包的平均最小抵抗线作为调整间距。布置如图1~图3所示。

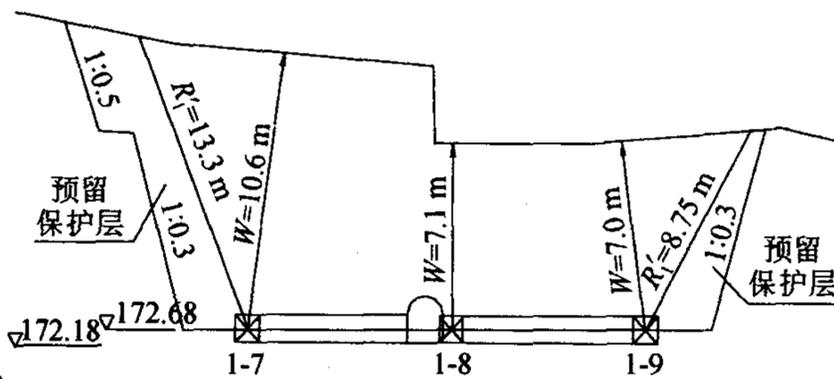


图1 K190+170断面

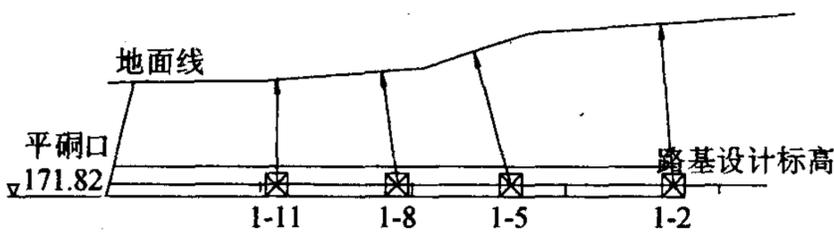


图2 纵断面药包布置

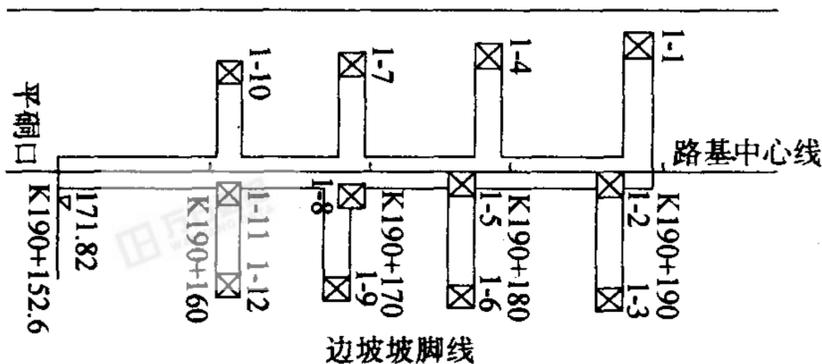


图3 药包布置平面

(6)压碎圈半径。

压碎圈半径计算公式为:

$$R_1 = 0.062(\mu Q/\Delta)^{1/3}$$

式中:  $R_1$  为压碎圈半径, m;  $Q$  为集中药包装药量, 取靠边坡最大药包的药量, kg;  $\Delta$  为装药密度, 散装2号岩石铵梯炸药的密度取为0.85 g/cm<sup>3</sup>;  $\mu$  为由岩石性质决定的压缩系数, 可参照表1取用。

表1 岩石压缩系数

土岩类别	粘土	坚硬土	松软岩	软岩石	中硬或坚硬岩
土岩坚固性系数 $f$	0.5	0.6	0.8~2.0	3~5	6以上
压缩系数 $\mu$	250	150	50	20	10

(7)爆破漏斗上破裂半径  $R_1'$  计算。

本段为斜坡地形, 采用的公式为:

$$R_1' = (1 + \beta n^2)^{1/2} \cdot W$$

式中:  $W$  为最小抵抗线, m;  $\beta$  为上向崩塌范围系数, 坚硬致密岩石的  $\beta = 1 + 0.016(\alpha/10)^3$ ,  $\alpha$  为原地形坡度;  $n$  为爆破作用指数。

(8)下破裂半径  $R_2'$  计算。

下破裂半径的计算公式为:

$$R_2' = (1 + n^2)^{1/2} \cdot W$$

式中:  $W$  为最小抵抗线, m;  $n$  为爆破作用指数。

根据各药包所处位置不同, 本次爆破邻近边坡药包爆破漏斗计算见爆破漏斗作用计算参数表(表2)。

表2 爆破漏斗作用计算参数

药室编号	最小抵抗线 $W$ / m	爆破作用指数 $n$ 值	地面坡度 (°)	破裂半径 $R_1'$ / m	边坡保护层厚度 $B$ / m
1-1	12.3	0.75	16	15.56	2.583
1-3	10.4	0.75	10	13.04	2.184
1-4	11.2	0.75	15	14.14	2.352
1-6	9.4	0.75	10	11.78	1.974
1-7	10.6	0.75	13	13.33	2.226
1-9	7.0	0.75		8.75	1.47
1-10	6.8	0.75	12	8.54	1.43
1-12	5.7	0.75		7.13	1.20

(9)预留边坡保护层的计算。

其计算公式为:

$$B = A \cdot W$$

式中:  $A$  为预留边坡保护层常数。

各邻近边坡药包的保护层厚度见表 2。

### 1.4 施工设计

#### 1.4.1 巷道布置原则

(1) 硐室爆破一般采用平硐和装药药室连接。

(2) 平硐和药室之间要有横巷相连,横巷的方向与主硐垂直,长度不小于 5 m,以保证堵塞效果。

(3) 主平硐不宜过长,当主平硐超过 50 m 时,应考虑通风措施,各主要平硐负担的装药、堵塞工程量最好趋于平衡。

(4) 平硐一般要设计成 0.5%~1% 的坡度,以便出渣和排水。

(5) 平硐硐口应全面考虑施工道路、明挖量、硐挖量、回填取方位置等条件,并且硐口不要正对重要建筑物和重要设施。

#### 1.4.2 巷道断面设计

考虑到施工方法及施工队伍的习惯,巷道断面高度能满足人员弯腰行走、宽度满足单向运输即可。横向断面可略小于主平硐。

平硐开挖断面为 1.2 m×1.5 m,见图 4。横硐断面设计为 1.0 m×1.3 m,在掘进横硐时要求横硐必须与平硐垂直成 90°。考虑到横硐断面尺寸较小,超过 15 m 时应注意通风,禁止打干风钻,进硐作业人员必须戴安全帽。

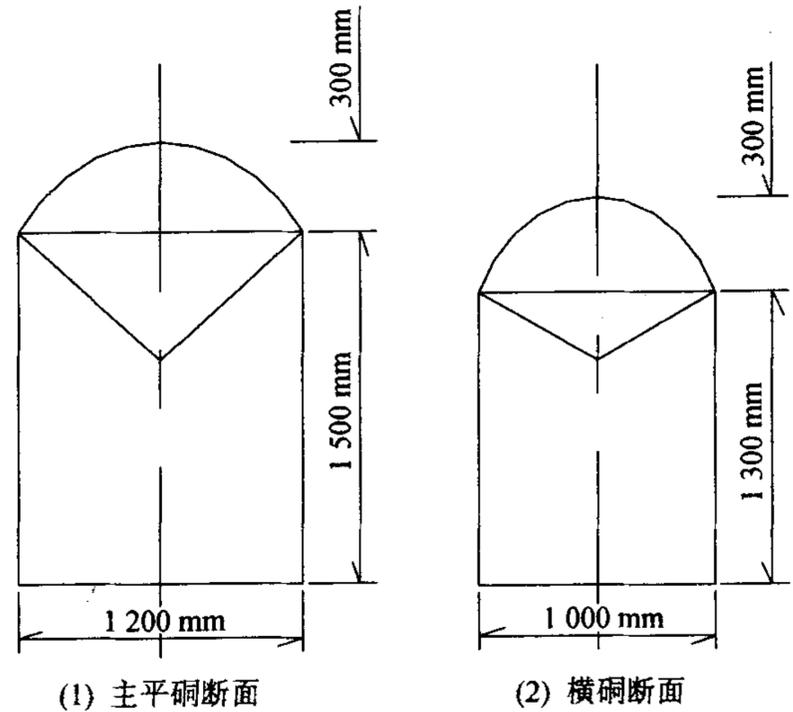


图 4

#### 1.4.3 药室设计

装药量小于 50 t 的药室一般设计成正方形。

药室体积边长计算公式为:

$$a = (K_v Q / \Delta)^{1/3}$$

式中:  $a$  为体积边长, m;  $Q$  为装药量, t;  $\Delta$  为装药密度, 取 0.85 t/m<sup>3</sup>;  $K_v$  为药室扩大系数, 取 1.3。

每个药室体积尺寸计算请参阅导硐、药室开挖表(表 3)。

表 3 导硐、药室开挖表

药包编号	中心里程	药室中心距路基中心线距离/m		药室体积边长/m	平硐开挖标高/m	药室底部标高/m	平硐长度/m
		左	右				
1-1	K190+188	8		1.2	172.54	172.54	35.4
1-2	K190+187		0.6	1	172.54	172.54	34.4
1-3	K190+187		8.8	1	172.54	172.54	34.4
1-4	K190+178.4	7.6		1.1	172.36	172.36	25.8
1-5	K190+177		0.6	0.9	172.36	172.36	24.4
1-6	K190+177		8	0.9	172.36	172.36	24.4
1-7	K190+169	6.2		1.1	172.18	172.18	16.4
1-8	K190+169		1	0.7	172.18	172.18	16.4
1-9	K190+168.4		6.8	0.7	172.18	172.18	15.8
1-10	K190+161	5.6		0.7	171.91	171.91	8.4
1-11	K190+161		1	0.6	171.91	171.91	8.4
1-12	K190+161		6.8	0.6	171.91	171.91	8.4

### 1.5 装药堵塞设计

#### 1.5.1 装药结构

将每包炸药层层堆码在药室内,成正方形,在药

包中心部位安放起爆体。起爆体为 1 或 2 包直径为 32 mm 的条状炸药组成,将选配好段别的非电毫秒延期雷管安置在 2 包起爆体药包内,把脚线理顺,牵

至横洞下角边保护好,以便搭接并网。在横洞回填密实后,将脚线一次性牵出洞口,并要求用毛竹包扎保护。

### 1.5.2 装药方法

采用人工传递装药。在装药过程中,一般要预留起爆体位置,副起爆体在装药过程中随时装好,最后安放起爆体。装药之前应对药室进行全面检查,清除残炮,排除塌方危险;药室中若有水,应做防水防潮措施;装药照明应采用蓄电池矿灯、绝缘手电筒或36伏的电灯照明,禁止用明火照明;电雷管起爆体进洞后,必须撤出36伏照明线路。

### 1.5.3 堵塞

堵塞的作用是防止能量损失,减少飞石破坏,保

障炸药爆炸后能达到预期的效果。靠近平洞口的小药室,堵塞长度一般大于最小抵抗线,药室封口应严密;非靠近平洞口的药室,一般只堵塞横洞,堵塞长度为横洞断面长边的3~5倍。回填物采用开挖导洞的石渣,垒墙封闭药室,可用编织袋(装满土石)垒砌,隔段打墙,墙之间用石渣填充。在堵塞过程中注意保护起爆网络线,上敷细料防止填料碰坏起爆线。

### 1.6 起爆网络设计

本次爆破共分5个组分段起爆,每组为一个段次。起爆顺序为先外后里(后爆靠近边坡药包),按“V”形依次逐段延期起爆,如图5所示。每组每药包各自把雷管脚线埋好后,用双股导爆索并网起爆。起爆采用4发电雷管击发。

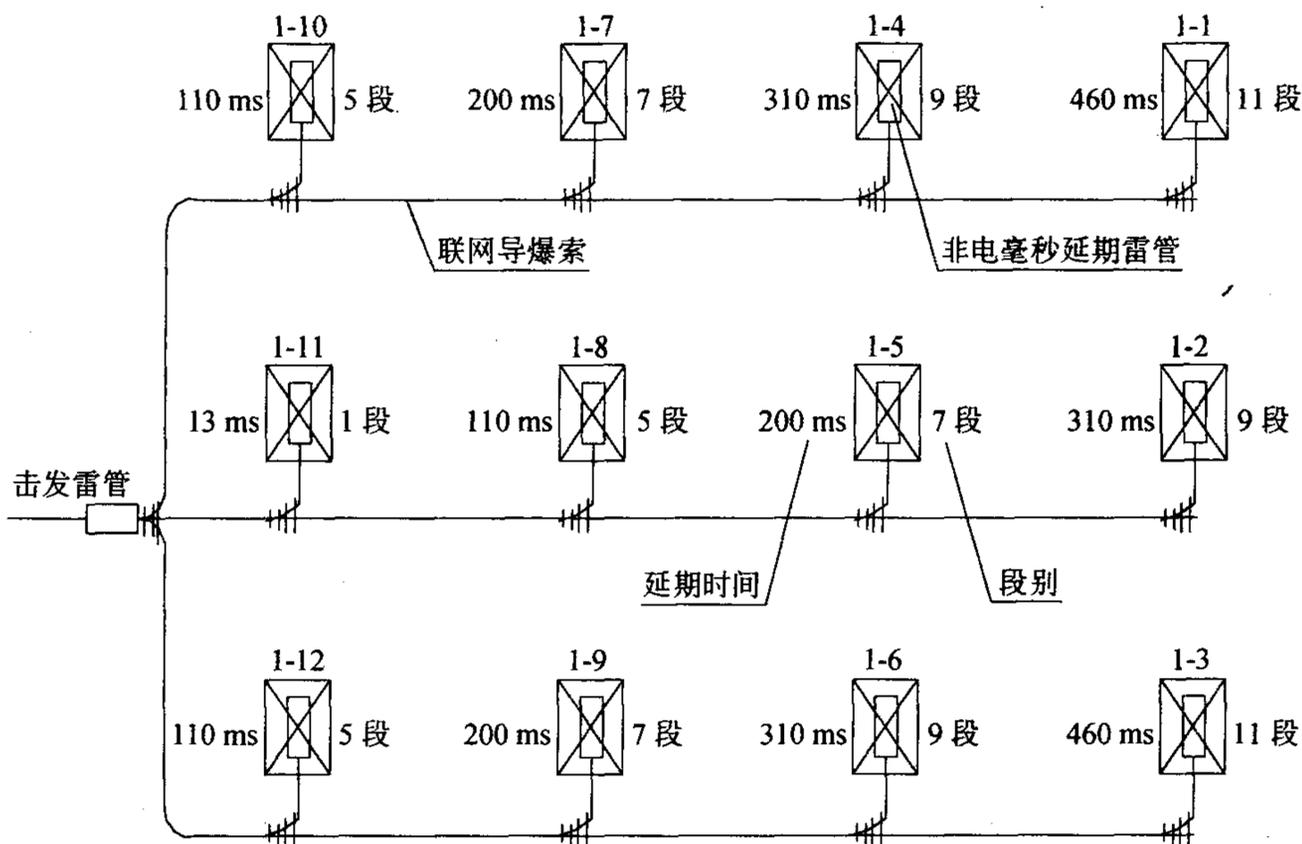


图5 起爆网络设计

### 1.7 安全距离的计算

(1)飞石飞散距离按下式估算:

$$R_F = 20K_F \cdot n^2 \cdot W$$

式中: $n$ 为爆破作用指数,取为0.75; $W$ 为最大一个药包的最小抵抗线,取为12.3 m; $K_F$ 系数为1.3。

则得  $R_F = 20 \times 1.3 \times 0.75^2 \times 12.3 = 180 \text{ m}$ 。

(2)爆破地震安全距离的计算。

《爆破安全规程》(GB 6722-86)中的计算公式为:

$$R = (K/V)^{1/a} \cdot Q^m$$

式中: $R$ 为爆破地震安全距离; $Q$ 为炸药量,微差爆破取最大一段药量为1 772 kg; $V$ 为地震安全

速度,取为2 cm/s; $K$ 为与爆破地形、地质条件有关的系数,坚硬岩石取为100; $a$ 为衰减指数,取为1.4; $m$ 为药量指数,取为1/3。

则得  $R = (K/V)^{1/a} \cdot Q^m = (100/2)^{1/1.4} \cdot 1772^{1/3} = 198 \text{ m}$ 。

在此范围内除部分施工设施外,其他无任何重要建筑物,本次爆破的警戒半径为300 m。

## 2 爆破效果

该路堑爆破效果良好,表面一层大块率较高,解小后可砌筑挡墙。坡体内部石料破碎程度较高,大部分可直接做路基填料,小部分需要解小。路堑边坡未被破坏,可采用潜孔钻机做光面爆破。

文章编号: 0451-0712(2006)03-0200-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

# 渝邻高速公路软土地基处治

**董 魁**

(中交路桥北方工程有限公司 北京市 101119)

**摘 要:** 简单介绍了渝邻高速公路建设中用到的几种典型的软基处理方法。**关键词:** 软土; 地基; 处治

随着西部大开发战略的实施,重庆市高速公路最近几年得到迅猛发展并保持持续增长势头,近期完工通车的高速公路就有渝长、渝合、渝黔3条高速公路,总长约200 km。渝邻高速公路是重庆地区兴建的又一条高等级公路。重庆市处于四川盆地东部山岭重丘区,属亚热带雨季温湿气候,雨量丰沛。初夏晚秋多为长期阴雨,多年平均降雨量为1 532.3 mm。如此丰富的降雨导致在本地区存在大量软土地基,给高速公路建设带来很大困难。下面笔者结合重庆渝邻高速公路E合同段的施工实践,简单谈谈本地区软土地基的处理问题。

## 1 工程概况

渝邻高速公路E合同段位于重庆市渝北区古路镇4个自然村的辖区内,桩号范围为K174+900~K181+700,路线全长为6.8 km。E合同段内路基填方大部分位于稻田、鱼塘、多年淤积的山谷内,平均填方高度为11 m,最大填方高度为32 m,软基处理

29处。本地区软基具有以下几个特点。

(1)分布不均匀性。软弱层厚度不均匀,变化较大,往往在较小的范围内软土厚度急剧变化,给处理造成一定困难,如K175+900~K175+970段内软基厚度范围为1.2~7.9 m。

(2)软基和地下水的隐患同时存在。E合同段内影响软基处理的主要地下水类型为松散岩类空隙水,主要赋存于沟谷内残坡积层中,受降水、地表水下渗以及部分基岩裂隙水补给。

(3)软土底部往往有一倾斜面。E合同段在地质构造上属川东褶皱带华蓥山帚状褶皱束区,位于沙坪向斜东翼,所以基岩表面多呈倾斜状。倾斜面有时与路线平行,有时又可能与路线斜交,增加了处理的难度。

若不对这些软基做及时彻底的处理,可能会对路基、结构物造成滑移、沉降或垮塌破坏,给高速公路的质量、外观带来极大破坏。在渝邻路开工初期,针对软基处理做了大量细致的工作。

收稿日期:2006-01-13

## 3 几点体会

通过工程实例,可以肯定硃室爆破完全可以运用到路堑开挖施工中,能够确保边坡稳定。为了解决爆破后的石料粒径大的问题,均匀布药是关键,药包间距、排距适中;药包最小抵抗线不宜过大,平均单耗适宜;可以设计多层药包延期起爆,增加相互挤压作用;将集中药包改为条形药包分布,增加岩体爆破受力的均匀性;不同的地形地质多做几次试验炮,以取得最佳的爆破参数。

非电起爆网络安装、操作简单,不受外电影响,

成本低,起爆段数和炮孔数不受雷管段数限制。采用非电微差起爆技术,可降低爆破震动和控制飞石,也可增加岩块间的二次碰撞机会,充分提高岩石破碎率。

堵塞工作非常重要,堵塞长度一定要大于最小抵抗线,要密实,应派专人进行检查,防止冲天炮的发生,造成安全事故。

测算好爆破地震安全距离,对在安全距离内的建筑物进行保护,并在爆破前拍照、摄像,发现问题及时做好善后处理工作。