

# 中深孔爆破在石方路堑开挖中的应用

王杰先<sup>1</sup>, 金建敏<sup>2</sup>

(1. 路桥集团第一公路工程局江浙工程处 苏州市 215151; 2. 温州市高速公路建设总指挥部 温州市 325000)

**摘 要:** 通过介绍中深孔爆破施工实例, 论述了中深孔爆破参数的确定、施工工艺和爆破安全管理, 对类似工程施工具有参考价值。

**关键词:** 中深孔爆破; 路堑; 开挖; 应用

## 1 工程概况与工程环境

### 1.1 工程概况

金丽温高速公路是连接浙江省西部的金华市、丽水市和温州市的一条主要通道, 其中六合同段全长 2.545 km, 含隧道、桥梁、软基处理、路基土石方开挖和填筑、防护工程等内容。六合同段土石方开挖主要集中在 K214+945~K215+080 段和 K215+170~K215+290 段 2 座山体, 最大挖深为 36 m, 方量约 10 万 m<sup>3</sup>。

K214+945~K215+080 段山体的岩石为凝灰岩, 节理发育且较完整。表面强风化层厚为 2~3 m, 下层为较硬的中风化层, 厚为 6~18 m, 饱和抗压强度为 100~150 MPa, 爆破性好。设计路堑边坡左右侧均为 2 级台阶。

K215+170~K215+290 段山体上部岩石风化强烈, 下部微风化至新鲜基岩, 饱和抗压强度为 80~120 MPa, 可钻性和可爆性中等。设计路堑边坡左侧为 2 级台阶, 右侧为 3 级台阶。

### 1.2 工程环境及爆破要求

本工程所处地理位置为温州市鹿城区仰义乡渔渡村, 其中 K214+945~K215+080 段附近有一大型老人公寓——红枫山庄, 路堑开挖离老人公寓(6 层框架结构)最近距离为 20 m, 如图 1 所示。K215+170~K215+290 段爆破中心距东面厂房(钢筋混凝土框架结构)水平距离约 70 m, 距西面的民房(砖房)约 60 m, 东南侧上空还有高压电线, 如图 2 所示。由于 2 段的爆破点离老人公寓、民房和厂房距离较近, 第一是要求爆破震动不能过大; 第二是要求爆破作业必须控制飞石; 第三是爆破作业时间要求不

能太长, 控制在 4 个月内完成(由于现场条件所限, K215+170~K215+290 段爆破贯通后设备才能进场, 以便组织 K214+945~K215+080 段爆破作业); 第四是爆破出的石料大部分要用来填筑路基, 因而粒径要控制。根据以上的工程环境和爆破要求, 本路堑开挖爆破作业有较大的难度。

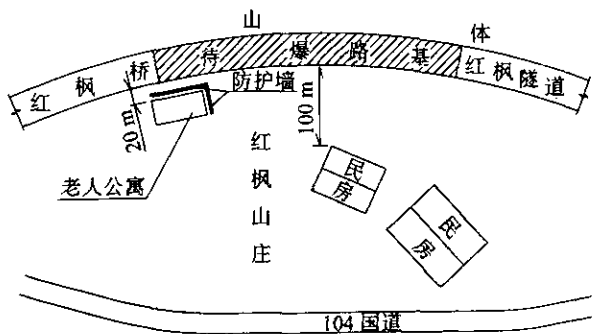


图 1 K214+945~K215+080 段工程环境平面示意

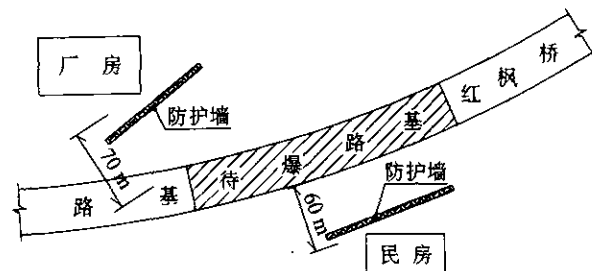


图 2 K215+170~K215+290 段工程环境平面示意

## 2 爆破方案的选择

由于爆破作业现场所处的环境复杂, 安全要求高, 时间紧, 同时要求对爆破后的石料粒径进行控制, 经反复比较分析, 决定采用中深孔非电毫秒微差

松动控制爆破施工。其中:边坡用光面爆破修整;局部修整用浅孔爆破。在施工前,编制了详细的《中深孔爆破施工方案》和《中深孔爆破安全施工方案》,经审核批准后才组织实施。

### 3 爆破设备和器材

主要的爆破设备和器材为:HC-742 型钻机、乳化炸药、塑料导爆管及导爆索,起爆采用 8 号电雷管和 GBP412 型起爆器。

### 4 爆破的机理

炸药在起爆器材引发下爆炸的过程称为起爆。炸药在起爆后,发生的冲击波起到破碎作用,对岩体进行压缩、破碎。岩体受到应力波作用产生径向裂隙,然后在反射拉伸波作用下,产生气楔作用,使岩体裂隙进一步扩大,增强了对岩体的破坏。

中深孔台阶爆破是石方机械化施工采用的主要爆破方法,主要是指朝向自由面进行的单排或多排垂直孔或倾斜孔的爆破,当孔径在 75 mm 以上、孔深在 5 m 以上时,工作面以台阶形式推进。

### 5 爆破参数的确定

合理的爆破参数对于改善爆破效果、降低工程成本有着决定作用。所以,必须根据岩石性质、地形地质条件、开挖要求、施工机械配置等合理科学地选取。

(1) 台阶高度视钻孔、岩石高度和挖掘运输条件等因素而定(以路槽顶标高控制开挖高程),设计的台阶高度为 15 m。

(2) 超钻深度  $\Delta h = 0.5 \sim 0.8$  m,是为了防止路堑土石方超挖或欠挖。

(3) 孔深(直孔)为:

$$L = H + \Delta h$$

式中: $H$  为台阶高度。

(4) 底板抵抗线  $W_1 = 2.85$  m。

(5) 单孔装药量:前排孔为 59.85 kg;后排孔及以后各排孔药量比前排孔增加 8%,即 64.64 kg。

(6) 单孔装药长度:第 1 排各孔为 11.07 m;第 2 排及以后各排孔为 11.96 m。

(7) 每孔堵塞长度:第 1 排各孔为 4.73 m;第 2 排及以后各排孔为 3.84 m。

(8) 毫秒延期时间:孔内按 1~10 段顺序延期,孔外延期均为 50 ms。单孔药量超标时,应采用孔内

分段装药,多段毫秒延期起爆。老人公寓附近采用了空间微差起爆。图 3 为炮孔分段装药示意。

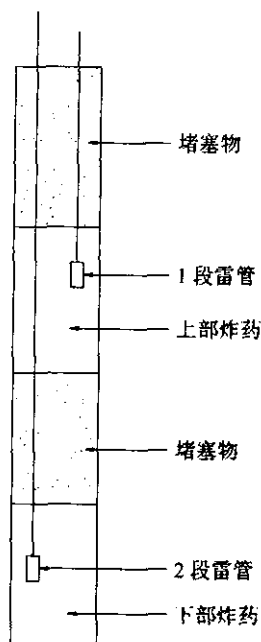


图 3 炮孔分段装药示意

(9) 起爆网络采用复式并串联非电起爆网络,如图 4 所示。

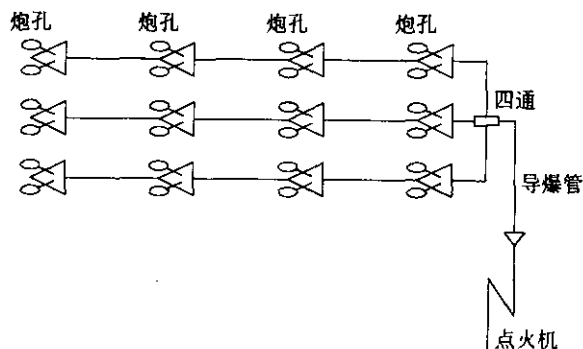


图 4 复式并串联非电起爆网络示意

(10) 炸药量。

按台阶高度为 15 m 进行计算,每次的用药量为 1 522.62 kg。实际施工中除个别台阶高度达到 15 m 外,大部分均小于 13 m,所以施工中每次爆破施工的炸药量均小于以上计算值。在具体施工中均以炸药总量不超过 2 t 控制,使爆破震动时对周围房屋建筑的影响得到控制。

## 6 施工工艺

### 6.1 场地布置

对要爆破的山体进行高程量测工作,对于每个

断面的开挖深度要做到心中有数。山头用挖掘机进行平整，以便于潜风钻进行钻孔工作。

6.2 布孔与钻孔

场地平整好后，采用“梅花”形或“方格”形进行布孔，孔距为 350 cm。每次爆破 4 排孔，每排 6 个孔。钻孔使用 742 型履带式潜孔钻，该钻机可自行移动和调节钻孔角度，成孔进度快。成孔后吹尽残渣，用编织袋将空口塞紧，盖上土堆，防止地表水流入孔内或杂物落入孔内。

6.3 装药

采用人工装药，装药前应清除孔口周围碎石。同时，应对孔位、孔深、积水情况，以及有否碎石在孔内阻挡等进行检查，并核对底板抵抗线长度，发现问题必须及时处理。

6.4 堵塞

应认真做好各孔的堵塞工作（没有堵塞的炮孔禁止起爆作业），堵塞材料采用纯炮泥或岩粉，堵塞高度必须符合设计要求。

6.5 起爆网络

（1）应优先使用导爆管直流高压脉冲点火机点火起爆，点火前应拉长击发导爆管引至 200 m 外安全地点点火。起爆器充电时间根据电池电流大小决定，一般为 15~20 s。

（2）采用并串联非电起爆网络，并按 V 形起爆顺序微差起爆，如图 5 所示。孔内、孔外均装 2 个同段雷管，分别与每条主干线的 2 个结合点联结，确保网路准确起爆。

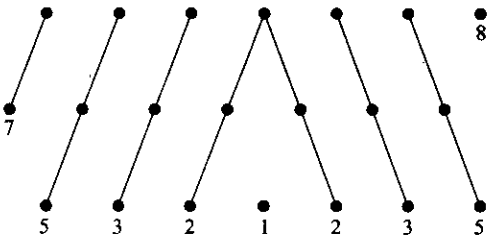


图 5 V 形起爆顺序

6.6 爆破

等炸药、段发雷管安装及炮孔填塞完毕后，进行检查，待安全无误后，进行引爆。采用中深孔非电毫秒微差松动控制爆破施工，爆破的飞石距离远比普通浅孔爆破的飞石距离小，只有 30 m 左右。

7 爆破安全管理

在建立健全常规的安全保障体系、加强作业人

员安全教育的同时，认真执行公安部门爆破器材管理使用规定和爆破安全警戒措施，确保了爆破安全顺利进行。在爆破安全设计上，重点对爆破震动、空气冲击波和飞石等方面的危害进行了严格控制。

7.1 爆破震动控制

为了有效控制爆破产生的震动，不破坏附近的老人公寓、厂房、民房等建筑，在第一次爆破时邀请温州地震局对爆破做了振动测试，通过记录爆破时各民房的最大震动速度及震动频率，确定爆破震动时对建筑物的影响程度。经测试结果分析，这种震动不会影响附近民房的安全。

7.2 爆破冲击波

本工程爆破施工中，由于单个药包药量和一次起爆药量较小，且爆破装药方式为内部装药，因此爆破冲击波微乎其微。在每次爆破时，对施工人员及附近居民均做了撤离疏散，因此没对人员、建筑物等产生危害。

7.3 控制个别飞石飞散

主要控制措施是：（1）保证炸药堵塞质量和堵塞长度；（2）在地形变化明显的部位控制药量；（3）抵抗线方向尽量避开重点保护目标；（4）在炮孔口使用编织袋和竹排进行覆盖防护；（5）为保证人员和设备安全，爆破前人员和设备撤离至规定警戒范围以外；（6）在重点防护目标处设防护墙，如在红枫山庄、民房、厂房正面均搭设了防护墙。防护墙用  $\phi 50$  钢管搭设，然后在正反两面铺设竹排，形成防护结构，阻挡飞石（图 6）。

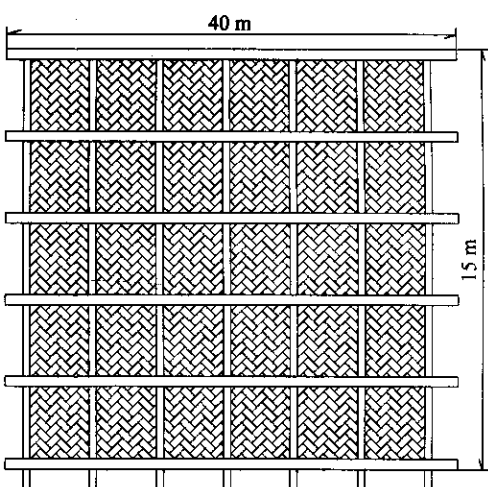


图 6 防护墙布置示意

由于这些措施到位，采用中深孔爆破施工有效地降低了飞石的发生，未发生任何安全事故。

文章编号: 0451-0712(2005)10-0170-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

# 毫秒微差控制爆破在 大方量石方路堑开挖中的应用

魏 军

(路桥集团第一公路工程局华祥公司 北京市 100022)

**摘 要:** 对毫秒微差控制爆破在大方量石方路堑开挖中的应用进行了论述,通过试验炮对预裂和爆破技术进行了总结,对石方路堑爆破施工具有一定的指导意义。

**关键词:** 石方路堑; 开挖; 毫秒微差控制爆破; 试验炮

河南省郑州~少林寺高速公路(郑少高速公路)是郑州市重点工程,路线全长 53.3 km,沿线大部分路段为山岭重丘区,爆破石方数量多、难度大,特别是第八合同段。第八合同段路基土石方为 88 万  $\text{m}^3$ ,其中石方开挖为 74 万  $\text{m}^3$ ;路堑边坡最深达 33 m,施工点距离村庄最近处仅有 50 m。第八合同段石方爆破技术要求高、难度大,为郑少高速公路全线较难啃的一块硬骨头。

## 1 挖方路段的地质描述

(1)依据设计图纸提供的资料显示,挖方段表层为上更新统黄土状低液限粘土或中更新统低液限粘土,覆盖层厚度为 20~120 cm 不等。其下为寒武系石灰岩,夹有薄层页岩;石灰岩呈灰色,巨厚~厚层状,节理较发育,岩溶现象发育,局部风化层厚为 0.5~1 m;页岩呈棕红色,节理发育,风化层厚为 1~3 m。

收稿日期: 2005-09-14

## 8 结语

金丽温高速公路六合同段路堑石方从 2003 年 8 月 9 日开始爆破,当年 11 月 28 日开挖结束,由于采用中深孔爆破施工从而取得了预期的效果,虽说成本上较浅孔爆破高一些,但对周围建筑没造成大的影响,而且安全高效地完成了爆破任务。同时,为路基填筑及时提供了料源,满足了施工要求。大部分爆破后的边坡满足平整度要求,局部地段进行二次修坡也可达到要求。

(1)路基石方爆破施工方案要综合各种因素科

(2)依据现场粗略调查,全线待爆岩石基本上为石灰岩,夹有薄层页岩。沿线地表大部分岩石裸露,呈灰黑色,大块状,节理较发育。全线有 4 处较大的溶洞,洞深为 5~20 m,有继续向深层发展的迹象。待爆山头有 4 处采石厂,从揭露出的断面看,岩石风化层厚为 0.5~2.5 m 不等,岩层产状不明显,节理发育,采取的片石水锈多,局部有泥灰岩、泥质灰岩夹层,地质条件较复杂。

## 2 毫秒微差控制爆破原理

毫秒微差控制爆破是当前公路工程施工中被广为采用的爆破方法,施工中主要通过毫秒微差雷管分时段引爆预爆破岩体,使岩体松动破碎,达到易于挖运的目的。路堑边坡采用预裂或光面爆破,以便达到要求的平整度。在路堑石方爆破过程中,爆破作用指数  $n$  介于 0.7~0.75 之间,能够形成爆破漏斗,但

学合理地确定,尤其是安全和进度要重点考虑。中深孔爆破较浅孔爆破的优势表现为:一方面是不易产生飞石;另一方面是一次爆破方量大、速度快。

(2)中深孔爆破施工工艺要仔细试验调整,确定理想的爆破参数和起爆网络,才能达到理想的爆破效果,尤其是解决大块率问题。

(3)虽然采用中深孔爆破施工的费用比普通爆破费用高一些,但能很好地解决工程进度与质量的矛盾,因而在高速公路大体积石方爆破开挖工程中具有推广意义。