

福宁高速公路秦屿隧道光面爆破施工实践

张汇川,王恒林,袁永林,林 锥

(中国地质工程集团公司福建分公司,福建 福州 350003)

摘要 介绍了福宁高速公路秦屿隧道光面爆破施工参数的设计、施工工艺,同时对影响光面爆破的各种因素进行了分析和总结。

关键词 福宁高速公路,秦屿隧道,光面爆破,爆破参数

中图分类号 :U455.6 **文献标识码** :B **文章编号** :1000-3746(2002)S1-0091-03

1 工程概况

福宁高速公路秦屿隧道为上下行分离单向行车的双洞隧道。隧道净高 5.0 m,净宽 9.75 m,单线总长 990 m。隧道位于秦屿-霞浦断裂带东侧,受其影响,须穿过 3 条构造破碎带及 3 条节理密集带。围岩基本以晶屑凝灰岩为主,致密坚硬,属硬质岩,晶凝灰结构,块状构造,较为完整稳定的 V 类围岩。总体上看,隧道围岩较为完整稳定,因此,隧道开挖采用光面爆破方法。

2 光面爆破设计

2.1 光面爆破参数

2.1.1 炮眼直径 d

采用手持风钻钻眼,其成孔直径为 42 mm。

2.1.2 周边眼间距 E

根据光面爆破经验公式,周边眼距与炮眼直径的关系为:

$$E=(8\sim18)d$$

一般根据围岩类别确定 E 值大小,当岩石完整性好, E 值可取大值。故根据本隧道的地质情况,在 V 类围岩中爆破, E 值取 65 cm。

2.1.3 周边眼深度 L

从光面爆破的要求看,炮眼越深,轮廓面纵向平整度愈好控制。但是,亦会受到凿岩设备、爆破器材性能、岩石类别及完整性等因素的影响。根据本隧道施工设备及岩石类别、完整程度,V 类岩石 L 确定为 3.0 m。

2.1.4 周边眼角度 α

周边眼原则上应布置在开挖面的设计轮廓线上,并与隧道轴线平行。但是,由于凿岩机钻凿周边眼时,受到凿岩设备构造的限制,以及拱部和墙部岩壁的制约,钻眼不得不存在一定的偏斜角 α ,偏斜角度的大小可依据炮眼深度进行调整,使其眼底能落在设计轮廓线外 10 cm 左右为宜。故本隧道施工时, α 值一般取 $3^{\circ}\sim5^{\circ}$ 。

2.1.5 最小抵抗线 W

理论和实践证明,光面爆破炮眼间距与最小抵抗线之比取 0.8 最好,即 $E/W=0.8$ 。故在本隧道施工中,V 类围岩中爆破, W 值为 81 cm。

2.1.6 不偶合系数 D 和周边眼炸药直径

不偶合系数即炮眼和炸药直径的比值。实践证明,药卷在有空隙的炮眼中(不偶合装药)爆炸时,形成的冲击波随不偶合系数 D 的增大而衰减, D 值一般取 1.25~2.0。

在本工程施工中,炮眼直径采用 42 mm,能够购买到的炸药,有直径 20 mm 的乳化炸药和直径 32 mm 的 2 号岩石硝胺炸药。为取得较好的光面爆破效果,对周边眼来讲,爆破尽可能减小对周围岩体的冲击影响。由炮眼直径 42 mm,选取直径 20 mm 乳化炸药为周边眼使用炸药。而对于内圈眼、辅助眼、底板眼等炮眼,为取得较大的爆破冲击力,破坏岩体,选用直径 32 mm 的 2 号岩石硝胺炸药。

2.1.7 周边眼装药集中度和装药量

根据《公路隧道施工技术规范》,周边眼装药集中度 $q=0.2\sim0.3$ kg/m。装药集中度过大易破坏隧道轮廓岩面,过小则爆不下来。

收稿日期:2002-02-10

作者简介 张汇川(1965-),男(汉族),福建宁化人,中国地质工程集团公司福建分公司福宁高速公路 A7 项目部副经理、副总工程师,高级工程师,探矿工程专业,从事高速公路施工技术管理工作,福建省福州市五四路 285 号(0591)7721494、(0593)7268519;林锥(1959-),男(汉族),福建长乐人,中国地质工程集团公司福建分公司福宁高速公路 A7 项目部施工技术负责人,高级工程师,探矿工程专业,从事高速公路及隧道工程施工,地址:福州 917711308、(0593)7268518。

在本隧道施工中,取 $q = 0.2 \text{ kg/m}$ 。以周边眼钻眼深度 3.5 m 计算,堵炮口炮泥长度为 30 cm ,炮泥外留 20 cm 。故钻眼深度 3.5 m ,每眼装药量为:

$$(3.0 - 0.3 - 0.2) \times 0.2 = 0.5 \text{ kg}$$

现场使用直径 32 mm 的乳化炸药,每节重 150 kg ,换算为每眼用药量为 3.3 节。同时,考虑到周边眼底部的爆破强度需要加强,以提高炮眼利用率,将一节直径 32 mm 的 2 号岩石硝胺炸药,装在周边眼底部,取代一支乳化炸药。

2.2 掏槽眼设计

为便于施工和获得较好的掏槽效果,掏槽眼采用普通楔形掏槽方式。掏槽眼的钻进方向与隧道中轴线成 18° 角,掏槽深度为 4.0 m 。

2.3 内圈眼、掘进眼、扩槽眼、二台眼、底板眼的装药结构及布置

扩槽眼、内圈眼、二台眼、底板眼的布眼原则:炮眼间距均应比掏槽眼、周边眼稀一些,但与掘进眼相比,则适当地加密。

考虑到在扩槽眼、掘进眼爆破时,部分岩渣堆积在底板上,增加了二台眼、底板眼爆破的负荷,为加强二台眼和底板眼的起爆能力,施工时,采取减小其炮眼间距、增加炮眼数量的办法。

上述炮眼采用连续装药结构,反向起爆,采用直径 32 mm 的 2 号岩石硝胺炸药,导爆管传爆,毫秒雷管实现微差爆破。

内圈眼与周边眼之间、内圈眼和掘进眼、底板眼与二台眼之间互成梅花形布置。

底板眼使用 2 号岩石硝胺炸药,在装药时易受潮、浸湿,为避免出现瞎炮,在有水时,底板眼内使用乳化炸药。

2.4 炮眼数的确定

利用经验公式计算除周边眼之外的炮眼数量:

$$N = KSL - Q_g / (nrL)$$

式中: N ——全断面炮眼数(不包括周边眼); K ——单位岩石体积耗药量,依据经验取 1.03 kg/m^3 ; S ——开挖断面积,查设计图纸 $S = 79.93 \text{ m}^2$; n ——各类炮眼装药系数(取平均值), $n = 77.68\%$; r ——炸药的线装药密度,根据使用炸药为 2 号岩石硝胺炸药, $r = 0.75 \text{ kg/m}$; L ——炮眼深度,设计为 3.5 m ; Q_g ——周边光爆炮眼药量, $Q_g = 25 \text{ kg}$ 。

将以上参数代入公式,得 $N = 127$ 个。

炮眼总数为: $127 + 38 = 165$ 个。

万方数据

3 光面爆破施工工艺

3.1 测量放样

根据设计图纸计算放样断面尺寸,测量人员在开挖面用红漆力求准确地画出开挖中线和轮廓线,标出炮眼位置,其误差 $\nlessgtr 5 \text{ cm}$ 。

3.2 钻眼

采用自制凿岩台架和气腿式风枪钻眼。在施工时,通过设置标准参照眼,插入炮杆,其余炮眼在钻眼时,以此为参照。

3.3 清孔

在装药前,利用小直径钢管特制的吹风管和由钢筋弯制的炮钩,将炮眼中的石屑吹出、掏净,便于装药。

3.4 装药

采取分片分组,自上而下按光面爆破设计确定的药量进行装药,所有炮眼均采用自制炮泥堵塞,堵塞长度在 $20 \sim 30 \text{ cm}$ 。

3.5 联接起爆线路

炮眼间起爆线或导爆管的联接,遵循光面爆破设计段别的安排,从掏槽眼开始,由低段向高段分片联接,使得前段的爆破为后段提供良好的临空面。

为确保准爆,爆破联接采用复式联接网路。同时采用了在周边眼的联接中,每一支雷管最多带动 5 个周边炮孔。各炮眼间联接次数相同,起爆雷管在整个装药检查完毕后,在准备起爆前,联接于距导爆管始端 10 cm 的位置。

4 影响光面爆破效果的因素分析

影响光面爆破效果的主要因素有:地质条件、光面爆破参数、测量精度、开眼和钻眼角度、装药结构和起爆顺序等。

4.1 地质条件的影响

(1) 在硬岩、中硬岩,且节理裂隙不发育,岩体较完整的岩层中应采用中深眼、深眼光面爆破;反之,则采用浅眼、中深眼光面爆破。

(2) 地质构造复杂、裂隙发育的部位,可适当缩小间距,减小线装药密度等周边眼参数,这样有利于成形,减小爆破对围岩的扰动。

(3) 裂隙少、整体性好、硬脆的岩体,光面爆破参数可适当加大;反之,则减小。

4.2 测量放线精度的影响

测量放线本身的误差,采用仪器测量的正常误差,一般较小,能满足要求;用挂中线肉眼瞄准方法,误差较大,而间隔时间太长(多循环才测量放线一

次)造成的误差也往往较大,这一点常不引起人们的注意。

(1)为力求拱部放线位置误差最小,在计算放样断面尺寸时,可将每 50 cm 计算一条水平线,改为每 25 cm 计算一条水平线,以减小放样误差。

(2)每循环测量放断面轮廓一次,以矫正上一循环炮眼钻眼误差给本循环带来的影响。

(3)开挖轮廓线放线精度影响着周边眼的施工精度,进而影响着超欠挖,因而掌握好测量放线精度,对提高光面爆破的质量有着至关重要的作用。

4.3 开眼和钻眼角度的影响

4.3.1 开眼误差

开眼误差直接影响着炮眼位置的准确性,影响炮眼间距和最小抵抗线的尺寸。

施工时,可采用掌子面上标出炮眼位置,或高设炮眼排间距标尺,或实行领杆制度,尽可能减小或排除开眼误差。

4.3.2 钻眼误差

钻眼角度误差对开挖的影响,会随着炮眼深度的增加而变大,同样的钻眼偏差角,炮眼愈深,眼底偏差愈大。

施工时,可采取培训熟练的司钻工,或采取先钻凿一个标准眼,插入炮棍,其它眼平行钻进的办法;或选用有控制钻眼角度装置的钻眼台车进行钻眼。

4.4 钻机本身尺寸的影响

隧道爆破,钻周边眼必须有一个外插角,以保证凿岩机的操作净空(即两炮眼之间的衔接台阶宽度)。这与凿岩机的型号本身尺寸有关。为使隧道壁面平整,便于喷砼、挂防水板、设置钢筋网,隧道开挖应选用操作净空较小的凿岩机。

4.5 装药结构和起爆顺序的影响

光面爆破周边眼参数的选取,特别是周边眼炸

药类别及装药结构(不偶合系数、装药集中度等),对光面爆破效果影响较大。

周边眼使用的炸药要比主体爆破使用的密度小一些,爆力大一些。

装药过于集中或者将炸药沿炮眼全长均匀分布,都将影响光面爆破质量。炮眼的堵塞质量,对光面爆破也有较大影响。

在光面爆破设计和施工阶段,结合地质条件变化和现场试爆实验进行认真总结,及时反馈信息,及时修正爆破参数,保证了取得良好的爆破效果。

起爆顺序不当,同样会影响光面爆破效果,甚至导致爆破失败。周边眼要以最小的时间差分段同时起爆。

5 结语

(1)施工中,由于严格按照光面爆破设计参数进行施作,取得了明显的光面爆破效果。本隧道拱部炮眼痕迹率平均为 98%,边墙炮眼痕迹率平均为 91%,两茬炮衔接时出现的台阶形误差 <5 cm,炮眼利用率达 90% 以上。

(2)隧道围岩不产生或很少产生炮震缝,保持了围岩的完整性,从而增强了围岩自身的承载力,这为采用锚喷支护提供了有利的基础。光面爆破和锚喷相结合,进一步增强了锚喷支护的作用,特别是在松软的岩层中更能显示这一作用。

(3)在裂隙发育的地层中,避免裂隙扩大和产生新的裂隙,从而提高了围岩的稳定性。工作面很少出现“危面”,有效地保证了施工安全,基本消除落石伤人事故,为快速施工创造了极为有利的条件。

(4)隧道成型规整,极大地减少了掘进超挖量。本隧道平均线性超挖控制在 8 cm 以内,有效地降低了施工成本,取得了良好的经济效益。

(上接第 90 页)

后才可使用,各种主材还必须要有质量保证书。

(2)涵洞位置尺寸、高程随工程进展情况经常检验、核对准确。

(3)严格按设计文件和技术规范要求施工。

(4)认真执行“自检、互检、交接检”的规定,做到上道工序未经检验合格下道工序不得开工。

4.2 质量评定情况

质量检验评定按《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071—98)进行,检查项目中砼及砂浆强度、轴线偏位、拱圈厚度、涵底流水面高程、跨径、长度、砌

体平整度均达到规范要求,并且外观质量完美,评定为优质工程。

5 结语

K42+690 石拱涵经过 6 个月的施工,实现了内优外美的质量目标,经过 13 个月路堤填土高度达 20.6 m 的监测检查,未发现任何不良现象,证明了施工工艺可行,措施得力。特别是采用土拱进行拱圈砼的浇筑,不仅加快了工程施工进度,而且节省了模板的材料、加工、架设等费用,是一种实用有效的方法。