

# 公路隧道超欠挖的成因与控制

吴世友

(辽宁地矿井巷建筑工程公司, 辽宁 朝阳 122000)

**摘要:**通过对隧道超欠挖数据进行统计分析, 归纳出影响隧道超欠挖的 5 个主要因素, 并论述了减小隧道超欠挖的方法。

**关键词:**公路隧道; 超欠挖; 爆破

**中图分类号:** U455    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2006)01-0059-03

## 1 概述

随着公路交通建设的快速发展, 公路隧道的施工技术、工艺和管理水平已不断提高和完善。隧道洞身开挖作为隧道施工的重要环节, 其技术水平也得到了迅速发展。但在隧道施工中, 因爆破造成的超欠挖仍非常普遍。超欠挖对隧道施工成本和进度有着不容忽视的影响。在超欠挖严重的情况下, 也影响到隧道的稳定性。近年来, 一些施工单位一味追求施工进度, 或只重视对隧道支护的管理, 而忽视了对隧道开挖过程中超欠挖的控制, 导致工程成本增加, 同时给支护和衬砌带来了一些不稳定因素。

在控制超欠挖技术的研究中, 以前多是盲目遵从“宁超勿欠”的传统观点, 但现在应改变观念, 树立“少欠少超”的观点。应允许适量的欠挖或对少量的欠挖通过机械处理, 从而避免开挖轮廓线的无谓扩大, 使超挖得以减少。

## 2 公路隧道超欠挖的影响因素

通过我公司已竣工的大凹岭隧道、青沟梁隧道、枫叶岭隧道、盘道岭隧道、三架岭隧道及在建的南山隧道的 1558 份现场记录和施工资料的统计分析看, 影响超欠挖的主要因素可归纳为以下几点。

### 2.1 测量放线

主要是控制测量的精度和现场放样精度。如果控制测量的精度不够准确, 比如贯通误差达到 50 mm, 就会无形中在断面一侧形成超挖, 另一侧形成欠挖。而掌子面的开挖轮廓线的放样精度更是直接影响到爆破效果, 因为周边孔的钻孔是定位在测量放样画出的轮廓线上, 轮廓线产生偏差, 钻孔自然而然就会产生偏差并无法挽回。

### 2.2 钻孔精度

主要是孔位的偏差和外插角的偏差。掌子面是一个不平整的岩石, 钻孔通常不容易在指定孔位定位, 加之各种人为因素, 导致孔位存在或大或小的偏差。同时, 由于操作者的操作水平参差不齐, 或者钻孔机械不易操作, 钻孔不能按预定方向进行, 容易引起外插角偏差。

### 2.3 爆破技术

主要指爆破方法、爆破参数、爆破器材及装药方法等。采取不同的爆破方法、爆破参数、爆破器材和装药方法均对爆破超欠挖产生不同程度的影响。例如采取全断面导洞超前法开挖对超欠挖的控制明显优于台阶法开挖, 光面爆破明显优于普通爆破, 小直径药包的连续装药优于集中不耦合装药。

### 2.4 围岩地质条件

主要指围岩的节理、裂隙等非主观因素的影响。由于围岩存在明显的节理、裂隙、软弱夹层、溶洞等, 爆破后围岩不沿周边炮孔的切割线破坏, 而极有可能沿这些结构面或软弱面破坏, 形成主观很难控制的超欠挖。

### 2.5 现场管理

爆破作业现场管理主要指人员安排、作业组织、技术水平、技术交底、跟踪指导、质量检测、信息反馈、经验总结、资料采集等。现场管理的组织水平, 直接或间接影响到爆破作业过程的实施和效果。

## 3 公路隧道超欠挖的控制措施

### 3.1 提高测量放线的精度

对控制超欠挖而言, 主要是开挖轮廓线(或周边孔线)的精度控制。为此, 首先要保证中线和标

收稿日期: 2005-07-28

作者简介: 吴世友(1972-), 男(汉族), 湖北人, 辽宁地矿井巷建筑工程公司项目技术负责人、工程师, 探矿工程专业, 从事隧道工程技术工作, 辽宁省朝阳市长江路四段 29 号, (0421)3813564。

高的准确(也就是控制测量部分),其次是要通过正确的方法来保证轮廓线位置的准确和点位线位置的准确。

中线和标高的偏移,将使断面轮廓线向一侧偏移,造成开挖断面一侧超挖、一侧欠挖。通常隧道掌子面都是不平整和倾斜的,会引起放线误差。因此,应提高放线精度,减少超欠挖的影响。

通过盘道岭隧道、三架岭隧道和南山隧道的应用看,采用全站仪对掌子面进行立体坐标定位测量,能将轮廓线误差控制到2 cm以下,大大高于采取激光指向仪配合画弧线控制轮廓线的精度。同时,应提高测量作业人员的操作水平和增强责任心。

### 3.2 提高钻孔精度

钻孔应按爆破方案确定的孔位钻凿在测量开挖轮廓线上,钻孔方向应与洞轴线一致。但在实际施工中,由于受钻孔机械的影响,不可避免地要形成一定的外插角。为了减少超挖,可采取下列3种方法:(1)尽量减小外插角;(2)减小孔深;(3)通过钻孔位置少量内移来减小外插角。在上面3种方法中,钻孔位置少量内移是最可行的方法。因此,在掌子面上完整醒目地标出周边孔位线,将钻孔孔位定位在轮廓放样线内侧较小范围内(偏移距离值控制在1~3 cm),从而减小外插角带来的不利影响,同时也不会造成明显的欠挖。对轮廓线内的少量欠挖可以通过挖掘机、风镐等机械进行修整。

### 3.3 采取先进的爆破技术

#### 3.3.1 隧道开挖方式

隧道开挖方式有全断面开挖、台阶法开挖、导洞先行扩大开挖等3种方式。全断面开挖和台阶法开挖有利于减少爆破重复震动,减少工序转换和干扰,便于快速施工。然而在减少超挖、改善开挖成形方面,导洞先行扩大开挖是比较好的。不同开挖方式爆破效果统计见表1。

表1 不同开挖方式爆破效果统计表

开挖方式	应用隧道	平均超挖值/cm	平均欠挖率/%	炮孔保存率/%
全断面	三架岭	12.3	6.1	82
台阶法	盘道岭	14.2	3.8	73
导洞先行扩大	枫叶岭	10.8	2.2	85

注:均为凿岩机在平台车上作业,围岩IV-V类。

#### 3.3.2 爆破主要参数

在控制爆破中,主要技术参数包括:单位岩石炸药消耗量 $q$ 、周边孔线装药密度 $g$ 、周边炮孔布置等。合理地解决这些参数之间的配合,对减少超欠挖是万方数据

至关重要的。

一般说,单位岩石炸药消耗量 $q$ 与平均线性超挖 $h$ 呈线性正相关关系。过大或过小都不能获得较好的结果。周边孔线装药密度与超挖总体上呈幂函数的关系,而与炮眼保存率则呈抛物线相关关系。在相同的条件下,最优的 $g$ 值为0.18~0.28 kg/m。

周边炮孔的布置,在其它因素一定时,超挖高度 $h$ 随周边孔间距 $E$ 的增大而增加;而同时对最小抵抗线 $W$ 而言,它与超挖高度 $h$ 则有近似抛物线的关系。因此,较小的周边孔间距 $E$ (某一范围内)将有助于减少超挖,并提高轮廓的光滑性;而对最小抵抗线 $W$ 则是处于某一范围内,才能使超挖控制在要求的目标范围内。因此,为获得较小的超挖和光滑的轮廓就必须使周边孔间距 $E/W$ 处于合理的范围内。

规范数据和工程实践证明,在IV类围岩中,合理的相对间距 $E/W=0.65\sim 1.10$ 之间,周边孔间距 $E=45\sim 80$  m,最小抵抗线 $W=50\sim 80$  m之间。

#### 3.3.3 爆破器材及装药方法

采用合理的爆破器材(雷管和炸药)和装药方法,可以减小由于爆破产生的震动和应力波对围岩的破坏作用,因而有利于减少超欠挖,提高轮廓质量。

统计表明,在条件基本相同的情况下,使用等差雷管、半秒雷管和毫秒雷管所做的现场对比实验结果,以等差雷管爆破效果最好,震动小。采用毫秒雷管跳段使用也可获得较好的效果。因此,从控制超欠挖的角度看,宜推广等差雷管或注意配置好毫秒雷管的段别。

装药方法有:(1)体积不耦合装药,即药包直径与掘进炮眼药包直径相同,药包集中在孔底;(2)空气间隔装药;(3)小直径药包,全孔连续装药。不同装药方法爆破效果统计见表2。

表2 不同装药方法爆破效果统计表

装药方法	药包直径/mm	平均超挖/cm	炮孔保存率/%	炮孔利用率/%
集中装药	32	14.5	61.2	92.5
间隔装药	32	13.2	74.5	93.6
连续装药	25	12.6	72.2	93.3

从统计可以看出:小药包连续装药对控制超挖效果最好,因此,在爆破中宜推广采用小直径药包的连续装药或间隔装药(最好以导爆索传爆)。

#### 3.4 根据围岩地质条件,采取相应对策

地质条件是不以人的意志为转移的客观存在,是确定爆破参数的主要依据。目前,爆破设计主要

是经验、类比或现场试验。地质条件的影响主要表现在开挖过程中,爆破参数应随掘进工作面的地质变化而作相应调整,最主要是围岩节理裂隙的变化。在现场施工中,应根据地质情况调整钻孔方位和角度、适当调整周边炮孔的参数。为此可采取如下措施:(1)紧跟开挖面对围岩情况进行观测和描述;(2)对围岩的节理裂隙状态进行预测;(3)据此调整爆破参数和施工方法或采取局部内移炮孔、局部空孔不装药、加密炮孔、局部调整起爆顺序等辅助措施。

### 3.5 加强现场施工管理和组织

良好的施工管理和组织,对减少超欠挖具有十分现实的意义。在控制隧道超欠挖中,应建立一个比较完善、系统的质量保证体系,对作业全过程及相关因素实行严格科学的管理。管理的目的就是要将众多的因素处于可控的状态,达到爆破设计的基本要求。在爆破质量管理中,应坚持以下原则:

(1)严格控制断面的测量放线和画线精度,对预留变形量的控制应建立在围岩量测反馈信息的基础上,避免人为更改断面规格;

(2)采用控制爆破(光面爆破、预裂爆破等),通过工程类比和现场试验总结,适时优化爆破参数设计;

(3)优先考虑采取操作简单、精度高、有良好性能的钻孔机械、测量放线仪器、断面检测仪器以及爆破器材等;

(4)严格控制钻孔精度,重点是控制周边炮孔的外插角、开口误差以及炮孔在断面分布的均匀性;

(5)严格控制爆破作业质量,特别是要控制周边孔装药量,并保证按正确的爆破方法进行作业;

(6)做到及时对开挖完成的断面进行检测并及时反馈超欠挖信息;

(7)强化现场施工组织管理,推行标准化作业,并加强作业人员技术培训和责任心教育等。

### 4 几点体会

(1)隧道开挖施工中要积极运用测量新技术,加强对测量放线的控制,避免在放线时造成隐形的超欠挖;

(2)重视对隧道开挖技术的统计,及时进行经验总结,要根据不同的地质条件反馈的信息,及时调整爆破参数;

(3)良好的爆破技术和施工管理,可以使超欠挖控制在一定的范围之内,因此,研究和实施控制超欠挖技术是十分必要的;

(4)在满足技术经济要求的情况下,钻爆机械设备和测量设备的选择至关重要,不能只考虑前期投资的大小而忽视工程的最终成本;

(5)杜绝施工中只重视掘进速度,忽视开挖质量的思想,隧道超挖部分需用混凝土进行回填,这将大大增加工程成本,因此超欠挖控制的好坏直接影响工程总体效益。

## 在京探矿界 2006 年新春联谊会召开

**本刊讯** 2006年1月14日,室外三九严寒,而北京方兴宾馆的小型会议厅内却是春意盎然,40多位在京探矿界嘉宾欢聚一堂,喜迎2006年新春。联谊会是由中国大陆科学钻探工程中心发起并组织的。

首先,中国大陆科学钻探工程中心主任王达教授一一介绍了到会嘉宾,以增进老中青几代探矿同仁们的相互认识和了解。刘广志院士、李世忠、屠厚泽教授,原冶金地质总局局长邢新洲,中国地质调查局科技外事部副主任叶建良,中国地质大学(北京)党委副书记刘志方、副校长王聪,中国地质科学院勘探技术研究所所长甘行平、副所长张金昌,北京探矿工程研究所所长何远信,国土资源部(原地质矿产部)几位老司长李常茂、赵国隆、左汝强,中国地质调查局发展研究中心耿瑞伦教授以及有色、中航、兵器等系统的专家和领导出席了联谊会。

王达主任简要介绍了中国大陆科学钻探工程“科钻一井”完成的主要技术指标和所取得的主要成果,以及国内即将启动多项科学钻探项目的情况,他还指出,即将出台的《国务院关于加强地质工作的决定》和2005年已启动的“危机矿山接替资源的找矿勘查工作计划”

为探矿工程界提供了良好的发展机遇,目前的关键是探矿界必须在新技术、新装备以及人才培养等方面做好准备,才能很好地抓住机遇,大有作为。

刘广志院士通报了2005年探矿界的几个好消息:中国大陆科学钻探工程“科钻一井”胜利完工;鄯泰宁教授被聘为俄罗斯自然科学院外籍院士,并获准立项设计月球自控钻机;目前正着手准备对四川自贡盐业历史博物馆和宋代最深井(海盐井,深1004.42m,目前还在生产天然气和盐卤水)申请联合国古代科学技术遗产。刘院士还向大家展示了2本他近期出版的新著——《特种钻探工程学》和《刘广志论科学钻探》,并表达了在身体力行的情况下为探矿工程多做些工作的心愿。

李世忠教授诚挚地祝贺各位嘉宾新春快乐,合家幸福!他认为中国古代钻探技术非常了不起,非常支持其申遗工作。

接踵而至的好消息,令大家欣喜和振奋,社会经济发展对能源、资源的大量需求,国家对矿产资源勘探工作的高度重视并予以政策和资金上的扶持,给地质工作包括探矿工程行业带来了光明的前景,鼓舞着探矿界同仁们更加努力地工作,为祖国的经济建设再立新功。