

# 高地应力软岩大变形隧道施工技术阐述

赵文鸿

(云南哈酷工程技术咨询有限公司, 云南 南涧 675700)

**摘要:**为解决高地应力软岩大变形的一些技术难点, 简要介绍隧道建设工程概况及施工中遇到的难点和问题。通过深入分析高地应力软岩隧道建设工程的地质物理特征和高地应力围岩大变形的物理特征, 进一步探讨大变形的动力反应机理。并以本文为例, 结合支护动力学机理, 对各种支护方案进行数值模拟, 确定适合不同围岩变形水平的最优支护技术方案。此外, 提出详细的施工工艺方法, 以有效控制高地应力软岩隧道的大变形, 为相关工程提供参考。

**关键词:**高地应力软岩; 大变形; 隧道施工

**中图分类号:** U459.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-7344(2021)15-0123-02

## 0 引言

由于隧道开挖完成后变形较大, 隧道的早期施工进度和安全风险较大。选择合适的隧道施工技术方法, 可以大大降低施工风险, 保证隧道施工质量和进度。为了有效、准确地控制隧道围岩风化、沉降、收敛变形, 必须在隧道施工前加强超前、初期支护及施工后的监控量测, 选择合理适宜的隧道施工方法, 确定科学合理的支护参数, 保证后续隧道施工过程中围岩的安全和支护质量, 减少后续隧道施工过程中可能出现的支护处理量和费用。

## 1 定义

### 1.1 高地应力软岩

相对而言, 在高应力、中应力变形和高强度工程硬岩体的应力变形地质条件下, 工程软岩的强度可以准确地称为高强度地层的应力变形软岩, 而强度至少可以准确地称为小于 25MPa, 高强度和低强度工程岩体应力变形软岩体的地质构造特征主要表现在: 软岩中粉砂总量较多, 如灰色泥质岩、强中风化页岩和砂岩。变形是岩体的一种工程属性, 具有地层埋深较浅、岩石软弱等特点。当可变形岩石的特征达到一定的地层深度时, 可以直接表现出比高应力低的应力, 这是软岩的可变形属性。在垂直应力大于水平剪应力的条件下, 岩石骨架结构中的粉质颗粒和矿物质可能会逐渐发生弹性滑动和膨胀, 然后逐渐出现弹性缺陷或裂纹膨胀, 造成剪切后的大塑性变形<sup>[1]</sup>。

实际上, 高地应力并不是完全统一的, 它也是一个相对的理论概念, 它与诸多因素密切相关, 曾有学者提出高地应力区的六个重要地质特征: ①岩爆与围岩剥离; ②收敛变形大; ③软弱夹层被挤出; ④小饼心; ⑤水下开挖不渗水; ⑥水下开挖不发生瓦斯突出。

### 1.2 大变形的定义

目前, 对大规模地质变形的定义还没有明确的科学解释。虽

然已经有一些专家学者从技术理论上系统地分析一些不同类型的大、中、小型岩石的变形现象, 如大型软岩、膨胀岩、压缩岩和围岩变形等, 但很少有人系统地分析其他类型岩石的变形。

## 2 隧道大变形机理分析

### 2.1 隧道大变形内因

结果表明: 由于宝华隧道洞址属构造侵蚀、剥蚀高中山地貌区, 位于长虫街弧形压性断裂逆断层(F62)和新街弧形压性断裂逆断层(F63)之间, 管理区地表地质围岩结构破碎, 隧道上方围岩沿断裂带岩层挤压破碎较甚, 褶曲揉皱剧烈, 地层被截断或倒转, 老地层逆推于不同的地层之上, 并有飞来峰构造, 属压性断裂, 为向弧外倾斜的逆断层。软弱的围岩地质结构不断发育, 围岩结构残余量和应力较大, 这是隧道场地管理区地质围岩大范围变形的重要内因。①全球地质生态构造运动具有强烈的区域效应。隧道位于云贵高原断块边缘, 是中国近代地壳运动和构造变化最为剧烈的典型地区; ②围岩以全强风化页岩, 泥灰岩、砂岩为主, 岩体呈层状堆积结构, 层理裂隙发育, 破碎程度较高, 裂隙间夹软弱夹层且有裂隙水发育, 岩体具有膨胀性(30%), 被水侵入后, 物理力学参数急速下降, 自稳能力极差。

### 2.2 隧道大变形外因

隧道大变形的原因主要包括隧道结构的形状和施工工艺。①隧道的结构类型。宝华隧道为公路双向四车道隧道, 断面尺寸较大, 高跨比约为 0.65, 不利于控制收敛和变形; ②施工技术。由于目前技术水平的限制, 一些配套装置的实际使用效果已经不能满足设计要求。特别是由于施工过程中系统锚杆、锁脚锚管滞后和注浆效果不佳, 加上下部围岩软弱破碎, 锚杆固力供给不足, 拱脚围岩遇水软化, 承载力损失导致下部钢拱架下沉、接缝变形, 而上部钢拱架无法有效连接, 使上部钢拱架成为薄弱环节, 严重削弱拱的强度和整体刚度。另外, 初支闭合成环时间过

长,也是影响变形程度的主要原因之一。

### 3 高地应力软岩大变形隧道施工流程

#### 3.1 施工顺序

施工工艺顺序:现场踏勘,制定施工方案并做好工、料、机准备→超前支护施作→上台阶弧形导坑开挖(七步三台阶留核心土开挖法)并施作初支(立钢拱架,打设系统、锁脚锚杆,喷射初支混凝土)→左右错位开挖中台阶,施作初支→左右错位开挖下台阶,施作初支→分台阶开挖预留核心土→仰拱开挖,施作仰拱使初支闭合环→施作仰拱填充→施作初支与二衬间缓冲层→二衬施作。

#### 3.2 施工工艺流程

施工工艺流程图(见图1)。

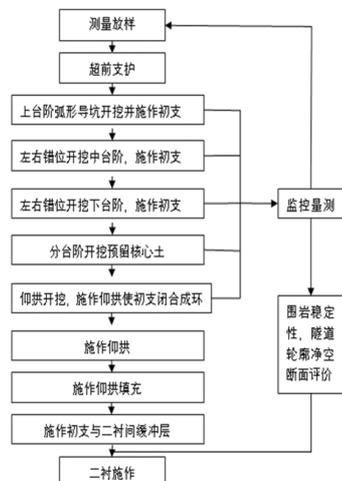


图1 施工工艺流程

#### 3.3 三台阶法开挖工艺要求

①要求严格控制开挖循环工程进尺。开挖循环工程进尺一般不得超过0.6m或超过1榀拱架。中、下台阶开挖进尺一般不得超过2榀拱架。一般情况下,仰拱开挖长度不得超过3m;②为了避免初期支护严重失稳和破坏结构完整,中、下台阶开挖时应避免对称开挖,要错开2m以上,以免钢拱架左右边墙拱脚同时悬空;③为有效保证隧道施工安全,可加强锁脚锚杆对钢拱架的约束力,在钢拱架接头位置增加锁脚锚杆,加大锚杆长度和直径并严格控制注浆压力,加强锚杆与钢拱架的有效连接,使锁脚锚杆真正发挥作用;④为避免初支沉降过大,可考虑在上台阶拱架边墙位置设置大拱脚,在下台阶拱架拱脚位置(仰拱底部)设置大拱脚并采用槽钢对拱脚进行支垫,使拱架能够整体受力;⑤鉴于目前仰拱底部有积水的现象,严重影响拱脚基础及仰拱的承载能力,必须加强对积水及时有效的抽排处理,以避免拱脚被水浸泡后承载能力损失造成拱架下沉。

### 4 高地应力软岩大变形隧道的支护技术方案

#### 4.1 加强径向系统锚固

在初支施工时,根据围岩情况,加密径向系统和加大锚杆长度,严格控制注浆压力,使初支周周围岩对初支形成拉锚,共同抵抗山体压力。

#### 4.2 增加预留变形量

在初支施工时,根据实际情况,适当选择增加初期支护的预

留变形量,在可控范围内允许初期支护适当变形,以有效释放山体地应力,使隧道周边山体围岩形成新的平衡状态,以减少作用在二次衬砌上的应力荷载,准确控制和有效避免后期隧道初期支护侵限等情况的发生或可能发生,保证二衬的有效厚度,提高工程质量。施工中应精心组织,科学合理地协调好工、料、机的最优配置,尽量缩短从开挖到初支闭合成环的循环时间,使初支在最短的时间内发挥对周边围岩的抵抗作用,尽可能地减少开挖对周边围岩的扰动影响。

#### 4.3 提升初期支护刚度

在高地应力软岩隧道施工过程中,为了避免初支破坏和侵限,应考虑加大钢拱架型号,减小拱架间距,加大初支厚度等措施来有效提高初支刚度,以抵抗山体围岩压力及高强度的地应力,保证初支的稳定及安全。对于一些实际变形或破坏面积较小的隧道,应尽量选择喷射混凝土和大型钢框架支护结构体系,以进一步提高整个工程的最终施工效率和质量。为考虑轴向水平挤压应力低于横向水平挤压应力,应加强钢拱架的纵向连接<sup>[2]</sup>,可考虑采用工字钢对相邻拱架进行焊接,使拱架能够共同受力。并且考虑在初支和二衬间设置缓冲层,以保护二衬的完整性。

#### 4.4 二次衬砌

高地应力等因素可能对软岩产生影响,直接导致软岩的地貌变形程度较低,且其流动性相对较小,周期短,稳定性难以达到预期的要求和标准,特别是在高强度应力的情况下,通常需要2~3年才能达到稳定状态<sup>[3]</sup>。如果在建设工程中通过等待的方式使围岩处于相对稳定的运行状态,不仅损失的时间相对较长,还可能直接引起一定量和程度的地震位移,对建筑工程造成相对轻微的损坏,会出现反复拆除或更新的恶性循环,这对工程的施工和全寿命周期非常不利。所以为了提高隧道的使用周期,应该考虑通过加大二衬厚度,加强二衬配筋,提高二衬混凝土强度等手段来增强二衬的支护强度,以此保证隧道工程结构运营期的安全稳定,提升隧道工程的耐久性。

### 5 结语

高地应力软岩隧道施工技术具有设计难度大、技术含量高等特点。因此,应根据隧道工程的实际情况,做好隧道的设计方案和施工组织,总结实际施工中的经验,形成一套适用于高地应力软岩隧道的安全、经济、高效的施工新技术,这对现代隧道技术的发展具有深远的意义。总之,在隧道工程施工中,在各种地质条件下选择合适的施工技术在保证隧道施工技术顺利发展的重点。

#### 参考文献

- [1] 张振国. 榴桐寨隧道高地应力软岩大变形施工控制技术研究[J]. 科技创新导报, 2017(2): 17-19.
- [2] 赵铁山. 软岩大变形隧道灾害预防和治理施工技术[J]. 公路隧道, 2014(2): 54-57.
- [3] 李延春. 毛羽山隧道高地应力软岩大变形施工控制技术研究[J]. 现代隧道技术, 2012(2): 59-67.

收稿日期: 2021-03-05

作者简介: 赵文鸿(1978—), 男, 汉族, 云南弥渡人, 本科, 工程师, 主要从事市政、公路工程工作。