

文章编号: 1006-2106(2011)01-0058-04

砂质黄土大断面隧道施工方法优化研究^{*}

辛振省^{**}

(中铁三局集团有限公司, 太原 030001)

摘要: 研究目的: 采用数值计算的方法, 对砂质黄土大断面开挖方法进行优化研究, 并对选择的方法进行仿真分析, 根据围岩力学行为及分布规律, 得到更为适合现场的施工方法。

研究结论: 以工程实例为对象, 以数值计算和工艺研究为手段, 对大断面隧道开挖方法进行优化研究, 研究结果表明: 砂质黄土大断面隧道施工中, 短台阶七步法在施工力学方面分布合理, 更有利于围岩稳定, 总体沉降较小, 相比 CD 和 CRD 方法具有较好的适应性。短台阶七步法在砂质黄土地层中施工作业面连续, 整体作业面大, 适于大型机械施工, 施工速度快, 效益明显。

关键词: 大断面隧道; 数值模拟; 开挖方法; 优化

中图分类号: U25 文献标识码: A

Research on Optimization of Construction Method for Sandy Loess Large Section Tunnel

XIN Zhen-sheng

(The Third Engineering Group Co. Ltd of China Railway Taiyuan, Shanxi 030001, China)

Abstract Research purposes By means of numerical methods, the research is done on the optimization of excavation methods for the sandy loess large section tunnel, and the simulation analysis was made for the selected methods. According to the mechanical behavior and distribution law of the wall rock, the more suitable construction methods for construction site were obtained.

Research conclusions By means of numerical calculation and technology research, the research was done on optimization of excavation methods for the sandy loess large section tunnel. The results showed that the short bench seven-step method used for construction of sandy loess large section tunnel was reasonable in the construction mechanics and more conducive to the stability of the wall rock of tunnel with a little settlement. Compared with the CD method and CRD method, this method has good adaptability. When the short bench seven-step method is used for construction sandy loess tunnel, the overall construction work surface is continuous and it is suitable for large-size machinery construction with the features of faster construction and more benefits.

Key words large section tunnel; numerical simulation; excavation methods; optimization

1 概况

新建郑州至西安客运专线位于河南、陕西境内, 沿

途地质情况以黄土及砂质黄土为主, 其中函谷关隧道位于河南省灵宝市函谷关境内, 起讫里程为 DK 270+429~DK 278+280, 隧道全长 7 851 m, 起讫里程为 DK

* 收稿日期: 2010-12-22

** 作者简介: 辛振省, 1980年出生, 男, 工程师。

270+429~DK 278+280 最大埋深 80 m, 为黄土及砂质黄土隧道, 按客运专线双线隧道设计, 洞身采用复合式衬砌。其间隧道为长大隧道, 通过地层地质主要为新黄土, 遇水易崩解显陷。隧道洞身主要穿过 < 2-2>、< 2-3>、< 3-2> 砂质黄土层 (Q_3^{el+al}), 黄土结构疏松, 具有中等~严重自重湿陷性。

2 开挖方法比选优化

一般大断面隧道常采用 CD 法或 CRD 法开挖, 上部采用风铲、风镐配合人力开挖, 下部采用风铲、风镐, 人力配合挖掘装载机开挖; 自卸汽车无轨运输出碴。全隧锚、网、喷初期支护。支护: IV 围岩拱部设系统 $\phi 22$ 药包锚杆, 锚杆长 2.5 m, 纵横间排距 1.0×1.0 m; 边墙设系统 $\phi 22$ 砂浆锚杆, 锚杆长 3.5 m, 纵横间排距 1.0×1.0 m; 拱墙网喷微纤维砼支护。为增加稳定性,

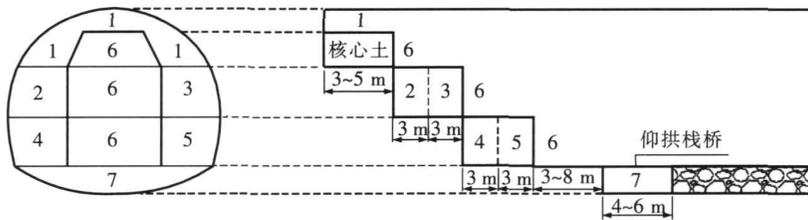


图 1 短台阶七步开挖法开挖步序图

3.1 施工工序

第 1 步: 拱部进行超前支护后, 采取上弧导预留核心土短台阶开挖。开挖后及时进行喷、锚、网系统支护, 架设工字钢架并复喷至设计厚度, 形成较稳定的承载拱。第 2-3 步: 在承载拱的支护下, 分别开挖中导左右边墙, 以一定的时间差进行中导边墙初期支护, 使同一断面处暴露开挖面仅限于一侧。第 4-5 步: 在完成中导支护后, 分段左右开挖下导, 以一定的时间差施作下导初期支护。第 6 步: 开挖中部上中下台阶预留土。第 7 步: 下台阶开挖落底并及时施作仰拱初期支护及仰拱砼, 及早封闭成环。短台阶七步开挖法开挖的现场图片如下:



图 2 短台阶七步开挖法

3.2 施工作业间隔时间

有系统锚杆试验段和无系统锚杆试验段的开挖进

开挖时两脚拱脚墙脚挖成大拱脚。

CD 法、CRD 法存在以下局限性: (1) 限制了大型施工机械的使用。(2) 拆除中间临时支撑时初期支护会因突然卸载而出现大的变形, 存在安全隐患。(3) 各分部开挖工作面施工初期支护时循环衔接性差, 相互干扰大, 初支不圆顺, 易引起应力集中, 质量不能得到充分保证。(4) 临时支护多, 投入大、不经济。基于以上原因, 选择短台阶七步开挖法施工。

3 短台阶七步法施工

洞身开挖采用短台阶七步开挖法施工, 是指在隧道开挖过程中, 分七个开挖面, 以前后七个不同的位置相互错开同时开挖, 然后分部同时支护, 形成支护整体, 缩短作业循环时间, 逐步向纵深推进的作业方法。具体施工流程如下:

尺均为 1.6 m, 即一次开挖两榀钢架, 锚杆长度 3.5 m。

(1) 有系统锚杆段的作业工序: 弧形导坑开挖——弧形导坑架钢支撑及挂网、弧形导坑打锚杆、中台阶及核心土开挖、下台阶开挖——中台阶架钢支撑及挂网、中台阶打锚杆、下台阶架钢支撑及挂网、下台阶打锚杆——弧形导坑喷混凝土、中台阶喷混凝土、下台阶喷混凝土——仰拱开挖、灌混凝土 (4 个循环作一次)。

(2) 无系统锚杆段的作业工序: 弧形导坑开挖——弧形导坑架钢支撑及挂网、中台阶及核心土开挖、下台阶开挖——中台阶架钢支撑及挂网、下台阶架钢支撑及挂网——弧形导坑喷混凝土、中台阶喷混凝土、下台阶喷混凝土——仰拱开挖、灌混凝土 (4 个循环作一次)。

4 数值模拟

为了得到短台阶七步法分步开挖过程中开挖断面应力分布情况及围岩位移情况等力学场的变化规律, 根据地质勘察报告, 选择围岩物理及力学参数如表 1 所示, 应用大型岩土有限元分析软件 MIDAS/GTS 对隧道断面开挖过程进行仿真模拟分析。

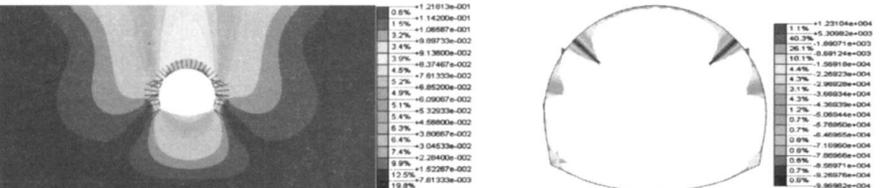
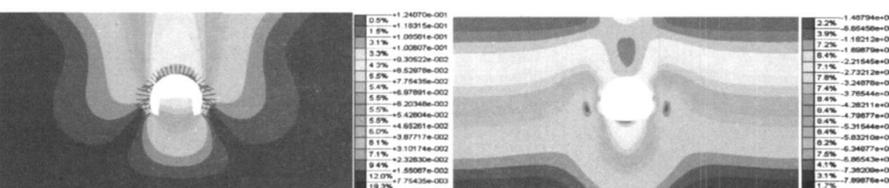
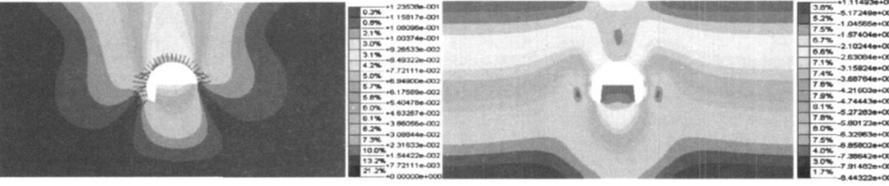
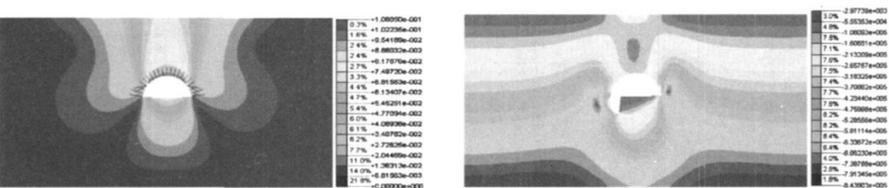
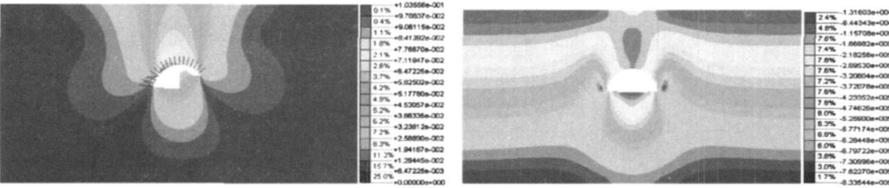
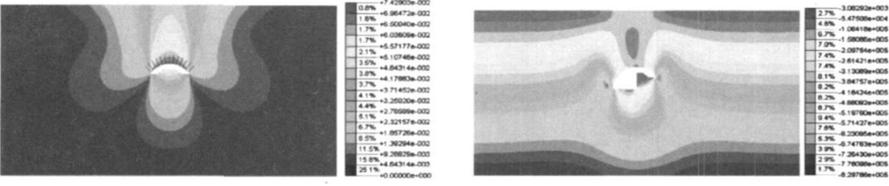
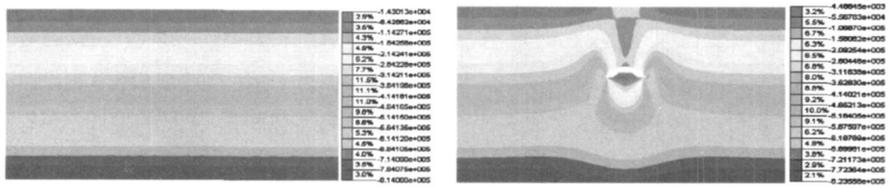


图 3 数值模拟计算结果

表 1 围岩物理及力学参数

围岩级别	重度 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	弹性模量 /MPa	泊松比	粘聚力 /kPa	摩擦角
新黄土 (V级围岩)	16.6	50.00	0.3	21.00	25
小导管 注浆区	2.000	80	0.28	120	35
初期支护	2.500	23.000	0.25	260	38

通过以上短台阶七步法的模拟结果图(如图 1 所示)中可以看到,随着开挖的进行,洞室的顶部和底部应力得到充分释放,隧道顶部的最大沉降量为 120 mm,地表最大沉降量在隧道顶部的正上方一倍隧道宽的范围,向两侧逐渐较小;隧道正上方 1 倍隧道直径范围内围岩应力基本完全释放,在隧道正上方,形成一个漏斗形的松散体,其重力完全由初支来抵抗;由于开挖工序的不同锚杆应力大小分布会有所集中,主要是腰部锁脚锚杆应力较大,临时支撑的格栅钢架应力也会在钢架与衬砌接触的地方和钢架交点处出现不同情况的应力集中,弯矩最大处主要为支撑钢架中部位置,最大弯矩出现在 1 和 3、2 和 4 部位的连接部分。

5 仿真计算的启示及施工注意要点

通过仿真数值计算,在施工过程中除按常规方法施工以外还需特别注意以下方面。

- (1) 超前小导管支护较设计应加密。
- (2) 严格按短台阶法施工。
- (3) 增设大拱脚,控制拱顶下沉量。
- (4) 掌子面开挖后及时初喷砼,防止土体大块剥落。
- (5) 仰拱开挖后,如果土体含水量较大,在仰拱初期支护轮廓线以下超挖 20mm,进行喷锚封闭防止工人操作扰动原地基,确保地基承载力。
- (6) 保证锁脚锚杆的施工质量。
- (7) 加密初期支护钢架的纵向连接筋,提高钢架间整体受力能力。
- (8) 初期支护钢架背后严禁出现任何空洞。
- (9) 围岩量测及时准确。
- (10) 仰拱紧跟,衬砌早做。

6 结论

(1) 砂质黄土大断面隧道施工中,短台阶七步法在施工力学方面分布合理,更有利于围岩稳定,总体沉

降较小,相比 CD 和 CRD 方法具有较好的适应性。

(2) 短台阶七步法在砂质黄土地层中施工作业面连续,整体作业面大,适于大型机械施工,施工速度快,效益明显。

参考文献:

- [1] 王梦恕. 地下工程浅埋暗挖技术通论 [M]. 合肥: 安徽教育出版社, 2005
Wang Mengshu. Construction Method of Undercutting under Shallow Overburden for Underground Works [M]. Hefei Anhui Education Press 2005
- [2] TB 10204—2002, 铁路隧道施工规范 [S].
TB 10204—2002, Code for Construction of Railway Tunnel [S].
- [3] 铁道部第二工程局. 铁路工程施工技术手册·隧道 [K]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
2nd Eng Bureau of MOR. Technical Handbook for Construction of Railway Engineering·Tunnel [K]. Beijing China Railway Publishing House, 1995
- [4] 蔺云宏, 任飞大. 断面黄土隧道开挖支护技术 [J]. 铁道建筑技术, 2005(6): 42—45
Lin Yunhong Ren Feida. Excavation and Support of Large Section Loess Tunnel [J]. Railway Construction Technology, 2005(6): 42—45
- [5] 杨建民. 函谷关隧道砂质黄土地层支护受力测试分析 [J]. 铁道工程学报, 2008(6): 56—60
Yang Jianmin. Test and Analyses of Bracing Stress on Sand Loess Stratum for Hanguguan Tunnel [J]. Journal of Railway Engineering Society 2008(6): 56—60
- [6] 贺廷西, 苏万军. 石太铁路客运专线大断面黄土隧道施工技术 [J]. 铁道标准设计, 2007(4): 21—24.
He Tingxi Su Wanjun. Construction Technology for Loess Tunnel with Large Cross Section in Shijiazhuang—Taiyuan Passenger Dedicated Railway Line [J]. Railway Standard Design, 2007(4): 21—24
- [7] 王新东, 宋冶, 王刚, 李波. 客运专线大断面黄土隧道施工监控技术 [J]. 铁道工程学报, 2010(1): 52—56
Wang Xindong Song Ye Wang Gang Li Ba. Technology for Monitoring Construction of Large Section Loess Tunnel of Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Railway Engineering Society 2010(1): 52—56