

复杂环境下特大断面既有隧道原位拆除扩挖施工技术研究

于喆 李永坤

中国水利水电第十一工程局有限公司

摘要: 随着高速公路建设和社会经济的高速发展, 高速公路越来越成为连接城市之间的重要纽带, 原有的高速公路已满足不了现有的运输能力, 因此, 高速公路改扩建将是今后高速公路建设的重要发展趋势。其中隧道改扩建是高速公路改扩建过程中的重中之重。为此, 文章结合中开高速公路大常山1#隧道工程实例, 通过对现有隧道拆除扩挖技术研究, 总结出一套适合隧道拆除扩挖的施工工艺和控制标准, 为后续类似项目提供了参考依据。

关键词: 隧道; 拆除; 扩挖; 衬砌混凝土

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2021.20.043

一、工程概况

(一) 工程简介

中山至开平高速公路项目是中山、江门两市规划的连接港澳、深圳、中山、江门主城区、开平市和台山市的东西向高速公路。其中大常山1#隧道位于中山市火炬开发区环贸二路附近, 其设计进口位置在黎村的麦加林山庄, 出口位于小隐村采石场, 桩号范围是K9+925~K10+595, 其中左线隧道长662m、右线隧道长624m; 结构为高速公路双洞单向分离设计, 设计车速为100km/h; 隧道采用了洞口小间距, 中间分离式的形式, 间距变化范围是21m~27m, 进、出口洞门为端墙式, 隧道路线纵坡2.6%, 穿越大常山山体, 最大埋深140m, 地形坡度一般20~35°。

前期大常山1#隧道从出口进行施工, 左幅已开挖支护完成200m, 二次衬砌已完成122m, 右幅已开挖支护完成478m, 二次衬砌已完成414.5m。后期为综合考虑项目服务粤港澳大湾区发展及节约利用土地需要、近远期的交通组织管理需求, 进一步提高六车道高速公路的服务水平, 同时考虑远期交通量增长、安全运营需要, 因此中开高速中山段道路界限须加宽, 因此隧道段须拆除原有二次衬砌, 然后单侧进行扩宽, 以提高其通行能力、服务水平和行车安全性。隧道变更前建筑限界净宽为: 0.75m (左侧检修道) + 0.75 (左侧向宽度) + 3 × 3.75 (车道宽度) + 1.0 (右侧向宽度) + 1.0 (右侧检修道) = 14.75m, 变更后建筑限界净宽为: 0.75m (左侧检修道) + 1.0 (左侧向宽度) + 3 × 3.75 (车道宽度) + 4.25 (右侧向宽度) + 0.75 (右侧检修道) = 18m。具体不同围岩扩挖面积参数如表1所示。

表1 隧道不同围岩扩挖面积参数表

围岩类型	原断面面积 (m ²)	变更断面面积 (m ²)	增加断面面积 (m ²)
5a	170.81	246.69	75.88
4b	157.5	229.59	72.09
4a	153.35	217.34	63.99
3a	131.53	176.31	44.78

(二) 施工中重难点

隧道扩挖施工从隧道出口端开始施工, 由于出口地层岩性为5、4类围岩, 力学性质、稳定性、成洞条件差, 且存在明显的偏压, 对支护要求高。而且隧道出口端拆除扩挖段施工不到2年, 围岩的内部应力调整还未完成, 在隧道扩建过程中, 需分部拆除原有的支护结构后, 按新的隧道轮廓线进行扩挖, 势必重新扰动围岩, 导致围岩的应力再次重分布, 使得围岩的荷载分布更加复杂; 其次隧道左线出口段 LK10+525 及 LK10+560 处分别侧穿一座 110KV 和一座 220KV 高压电塔。两座高压电塔与左线隧道开挖轮廓水平距离分别为16.6m及13.9m, 铁塔基础高程高出隧道顶拱开挖轮廓分别为35m及18m。由于高压电塔距离左线隧道较近, 并且洞口处于浅埋、地质条件较差段, 又是扩建为四车道隧道的风险极高区段, 容易造成高压电塔基础的总体沉降或塔体的倾斜。

因此每次支护结构的拆除长度、拆除分块方案、拆除过程中围岩的稳定情况、掌子面前方支护结构的稳定情况、分块拆除时剩余支护结构的稳定情况、临时辅助支撑的稳定情况、临时辅助支撑解除的时机和具体的方案、二次衬砌距离临时支撑或掌子面的距离等均会影响施工过程中的安全, 均需要在施工过程中重点关注。

二、隧道拆除扩挖主要施工方法

(一) 总体扩挖方法

隧道总体扩建程序: 洞顶截排水沟施工 → 洞脸土方开挖、支护 → 明洞拆除 → 洞口套拱管棚防护 → 洞身扩挖

洞身扩挖施工程序为: 二衬分区拆除 —— 初支拆除 —— 变更断面扩挖 —— 扩挖后初支 —— 转入下一个分区

二衬拆除施工程序为: 临时支撑安装 —— 沙袋回填 —— 分序切割拆除钢筋混凝土 —— 拆除混凝土并装运 —— 沙袋分序拆除

(二) 洞身段V级围岩扩建工序

洞口段围岩等级为V级, 采用变形双侧壁导坑法扩挖 (八步扩挖法), 将整个隧道断面从左到右分为三个区, 每个区又分为上下两个断面, 具体分区如图1所示。

(三) V级围岩扩建步骤

(1) 先施作隧道超前支护; (2) 施作原隧道二次衬砌钢管撑N1及扩挖隧道临时支撑N2、N3的下半部分; (3) 采用沙袋回填至隧道拱腰位置, 要求回填密实。 (4) 拆除左导洞上台阶原隧道衬砌结构, 并按新隧道轮廓进行凿除扩挖; (5) 施作左导洞上台阶初期支护及临时支护 (安装临时横撑和竖撑N1延伸到顶部); (6) 拆除中导洞上台阶原隧道衬砌结构及二衬钢管支撑N1上半部分, 并按新隧道轮廓进行凿除扩挖; (7)

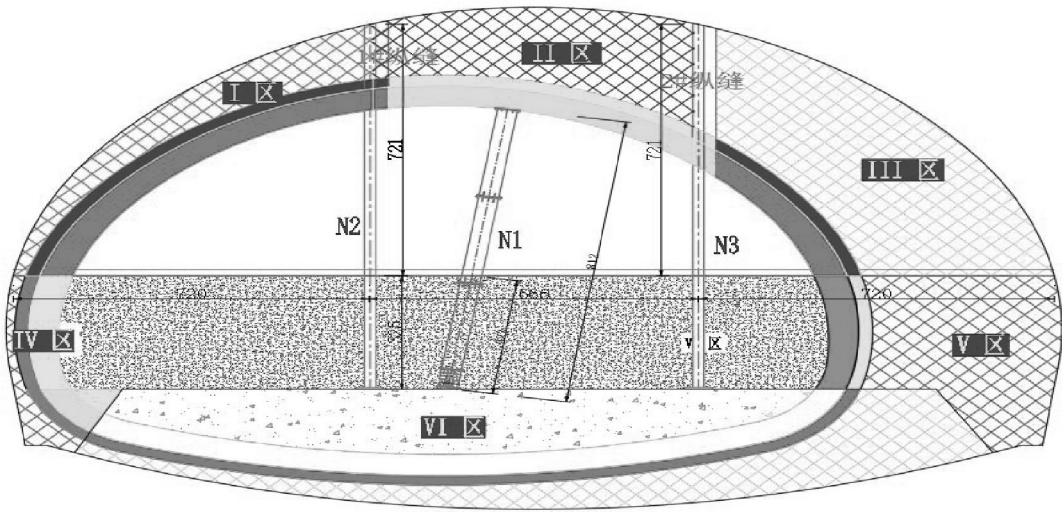


图1 V级围岩分区图

施作中导洞上台阶初期支护及临时支护（安装临时横撑和竖撑N3延伸到顶部）。（8）拆除右导洞上台阶原隧道衬砌结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；（9）施作右导洞上台阶初期支护及临时支护（安装临时横撑）。（10）拆除左导洞下台阶原隧道衬砌结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；（11）施作左导洞下台阶初期支护。（12）拆除右导洞下台阶原隧道衬砌结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；（13）施作右导洞下台阶初期支护。（14）拆除原隧道仰拱结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；（15）施作仰拱初期支护及临时支护（竖撑N2、N3延伸到底）；（16）拆除临时支撑，浇筑仰拱二衬并进行仰拱回填；（17）敷设防水板、土工布，安装衬砌钢筋，采用模板台车浇筑拱墙二次衬砌混凝土。

（四）V级围岩扩建方法

由于左线出口端LK10+549~LK10+591段为Va级围岩，围岩力学性能差，为了减少对围岩的扰动，原二衬混凝土采用机械拆除法，施工时，首先采用二衬混凝土切割台车每0.5m环向切割（将一个衬砌单元划分为20段），然后沿纵向分区切割，结合拆除步骤及支撑结构，拆除二衬I区时，采用切割机在环向切割后切割1#纵缝，拆除二衬2区时，切割2#纵缝，切割期间需注意为了便于扩挖后临时工字钢与扩挖初期支护衔接，故在1#切缝和2#切缝施工时错开临时支撑外边10cm。

1. 洞身段IV级围岩扩建工序

洞身围岩等级为IV级，采用CD工法扩挖（七步扩挖法），将隧道断面左右分为两个区，每个区又分为上下两个断面，具体分区如图2所示。

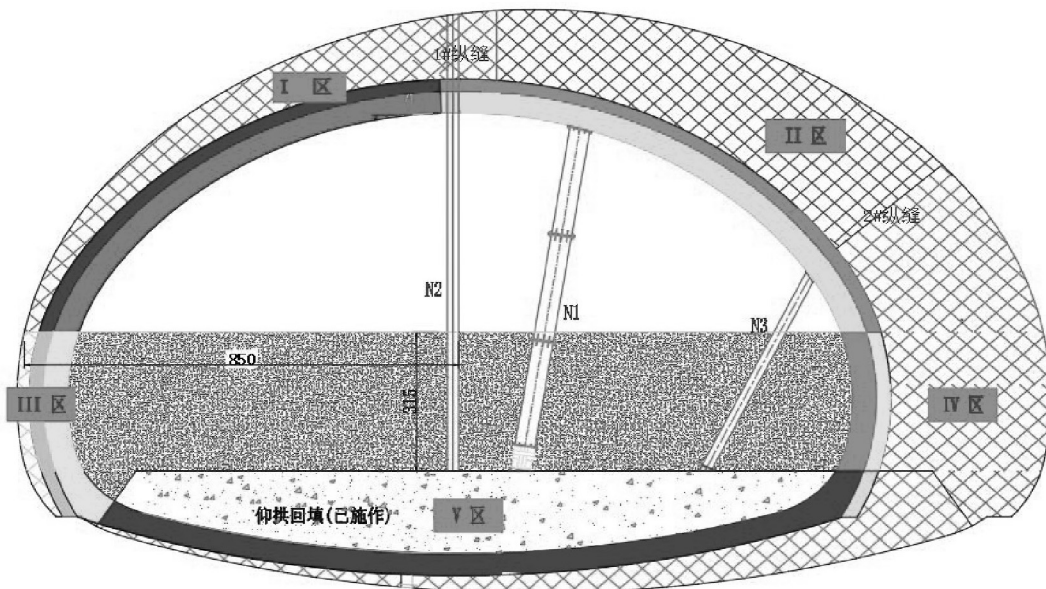


图2 IV级围岩分区图

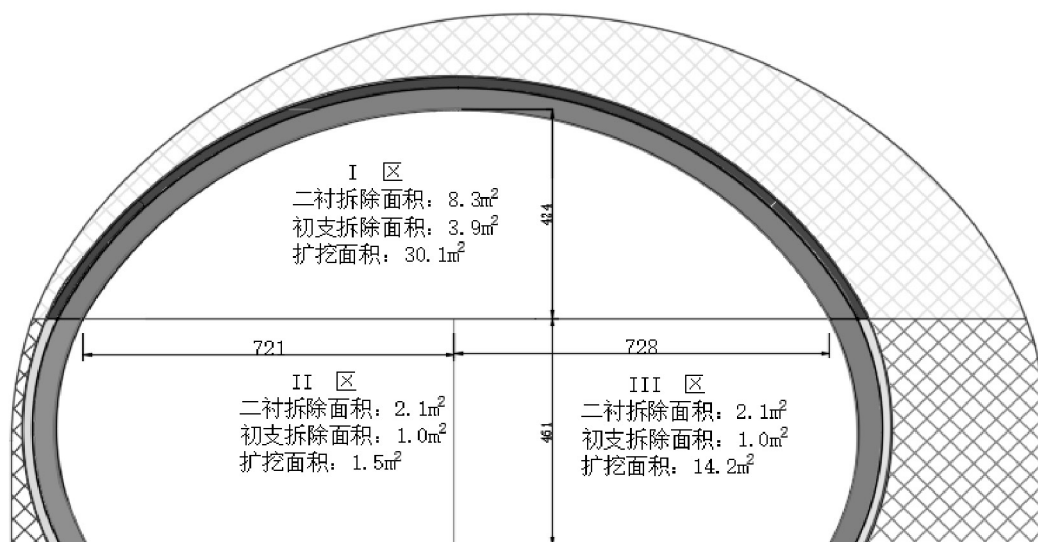


图3 3级围岩分区图

2. IV级围岩扩建步骤

(1) 施作隧道超前支护；(2) 施作原隧道二次衬砌钢管撑N1、二衬斜撑N3及扩挖隧道临时竖撑N2的下半部分；(3) 采用沙袋回填至隧道拱腰位置，要求回填密实。(4) 拆除左导洞上台阶原隧道衬砌结构，并按新隧道轮廓进行凿除扩挖；(5) 施作左导洞上台阶初期支护及临时支护（临时支撑N2延伸到顶）。(6) 拆除右导洞上台阶原隧道衬砌结构及二衬钢管支撑N1上半部分，并按新隧道轮廓进行凿除扩挖；(7) 施作右导洞上台阶初期支护；(8) 拆除左导洞下台阶原隧道衬砌结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；(9) 施作左导洞下台阶初期支护；(10) 拆除右导洞下台阶原隧道衬砌结构及二衬临时支撑N3与二衬钢管支撑N1下半部分，并按新隧道轮廓进行扩挖；(11) 施作右导洞下台阶初期支护；(12) 拆除原隧道仰拱结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；(13) 施作仰拱初期支护及临时支护（竖撑N2延伸到底）；(14) 拆除临时支撑，浇筑仰拱二衬并进行仰拱回填；(15) 敷设防水板、土工布，安装衬砌钢筋，采用模板台车浇筑拱墙二次衬砌混凝土。

3. IV级围岩扩建方法

由于右线出口端RK10+489~RK10+531为IVb级围岩，围岩较破碎，力学性能差，为了减少对岩体的扰动，故混凝土采用机械拆除法，结合拆除步骤及支撑结构，首先采用二衬混凝土切割台车按照IVb类0.5m，IVa类0.8m进行环向切割，然后在施工I区前，先切割1#纵缝，施工2区时，再切割2#纵缝。

4. 洞身段III级围岩扩建工序

洞身围岩等级为III级，IIIa级采用两台阶法扩挖（三步扩挖法），具体分区如图3所示。

5. III级围岩扩建步骤

两台阶扩挖是将隧道断面从上到下分为两个区，

(1) 拆除上台阶原隧道衬砌结构，并按新隧道轮廓进行扩挖；(2) 施作上台阶初期支护。(3) 拆除下台阶左侧原隧道衬砌结构，按新隧道轮廓进行扩挖；(4) 施作初期支护。(5) 拆除下台阶右侧原隧道衬砌结构，按新隧道轮廓进行扩挖；(6) 施作初期支护。(7) 敷设防水板、土工布，采用模板台车浇筑拱墙二次衬砌混凝土。

6. III级围岩扩建方法

由于3级围岩岩石较完整，围岩基本稳定，采用液压锤配合爆破进行扩挖，隧道扩挖厚度小于40cm的区域采用机械拆除扩挖，扩挖厚度大于40cm的区域，采用预裂或光面爆破开挖施工，爆破采用乳化炸药，炮孔直径取D=38~42mm，药卷直径选用，32mm规格，结合拆除步骤及支撑结构，拆除二衬I区时，采用切割机在环向每150cm切割，然后进行拆除扩挖。

结束语

大常山1#隧道拆除扩挖工程属全国首例在建高速公路隧道三车道变更四车道，填补了国内大断面隧道扩挖施工领域的技术空白，有力证实了大断面隧道扩挖技术可行性，推动了国内基检行业领域相关技术实现新突破，创下国内高速公路基建领域施工技术专业新纪录，为类似工程提供了宝贵的经验。

参考文献

- [1] 师松森,朱永祥.高速公路隧道开挖施工技术及管理策略分析[J].智能城市,2020,(4).181~182.
- [2] 卿勇.高速公路隧道施工技术及管理要点探讨[J].价值工程,2020,(2).41-42.
- [3] 胡媛媛.高速公路隧道施工技术及管理要点研究[J].建材与装饰,2020,(5).271~272.
- [4] 郭瑶婷,韩建明.大断面高速公路隧道施工控制爆破技术[J].交通世界(中旬刊),2019,(12).132~133.