

图3.1 小净距隧道断面图

两台阶非爆施工。

(3) 开挖后行洞室后，找出对拉锚杆，施作垫板和螺母，并采用扭力扳手一次直接张拉至设计预应力。

(4) 燕尾及小净距段设计情况为：IVA2型断面，初期支护采用210mm厚，8@200×200挂网喷射C25喷射早强混凝土+工14@1.0m（0.75m），二次衬砌采用C40钢筋砼，350mm厚。

(5) 施工中应加强现场的监控量测工作，并及时反馈信息，以修正设计。

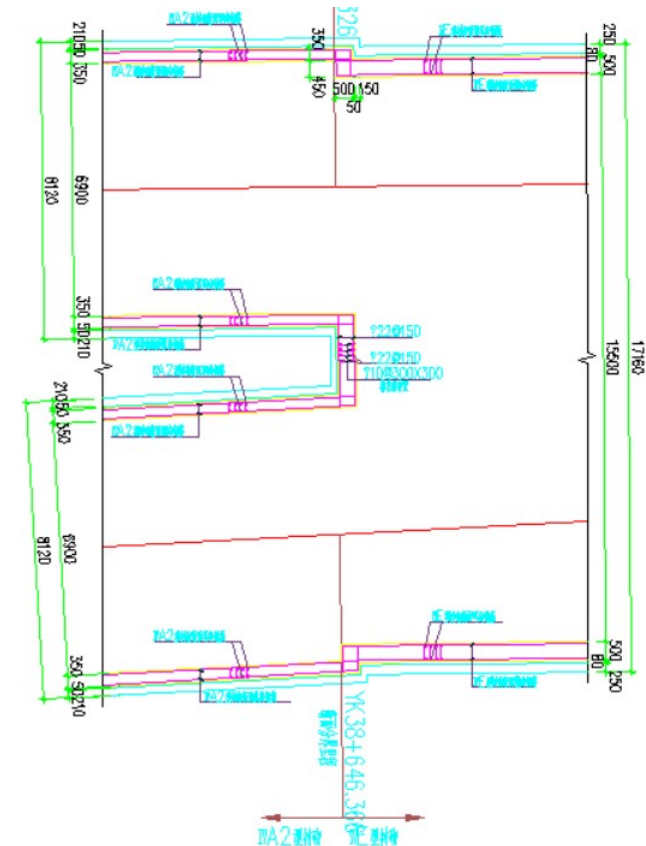


图3.2 小净距段隧道平面图

#### 四、中梁山隧道燕尾及小净距段隧道施工控制技术

按照图纸设计要求进行施工，现场施工组织会面临左右两侧无法同时进行施工的情况，同时还会导致后行洞施工慢，现场机械空间操作有限的情况。针对上述情况，项目部对燕尾及小净距段隧道施工工艺进行了如下合理优化：

##### (一) 加强技术交底培训，提高工人施工技术水平

组织现场开挖班组、支护班组、机械班人员针对燕尾及小净距段隧道施工进行安全技术交底，提高作业人员的施工技术水平和操作水平，并进行现场指导，对现场开挖施工要点组织培训考核，严格要求现场开挖班组、支护班组按照项目部施工要求进行施工。

##### (二) 优化单洞单线与单洞双线工序转换

因中梁山隧道存在三段燕尾及小净距隧道，从进口段开始，依次为进口—单洞单线—单洞双线—单洞单线—单洞双线—出口。根据中梁山隧道断面情况，项目部综合考虑，决定由单洞双线进入单洞单线施工，避免出现小洞进大洞，还要挑顶施工的情况出现，同时也避免了对中间核心岩柱的损坏。于是，进口端通过排水通道进入中梁山正线单洞双线，出口端通过施工通道进入中梁山隧道单洞双线，再从出口单洞双线开洞门直接进入正线施工，与施工通道一侧对向施工。

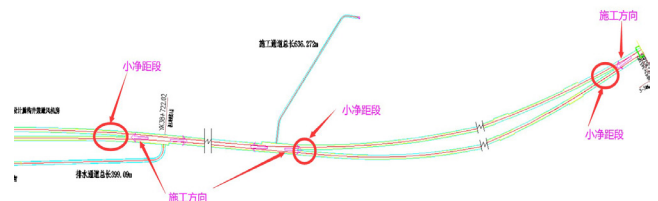


图4.1 燕尾及小净距段施工工序图

##### (三) 合理优化燕尾段及小净距段施工工艺

(1) 第①步优先施工先行导洞左洞，原先行洞左洞设计支护参数为 I 14@1m，系统锚杆长2.5m，锁脚锚杆长3m，需对先行洞支护参数进行加强，调整为 I 16@0.75m，系统锚杆长5m，拱顶15° 范围内采用径

向注浆加固，初支喷砼改为钢纤维喷射混凝土进行支护。同时左洞超前40~50m以后，再进行后行洞开挖；

(2) 第②步后行洞右洞开洞门时，采用机械进行全断面开挖两个循环，进尺4m，并及时进行洞门加强及支护，洞口出需做加强环梁及密立三榀钢拱架；

(3) 第③步将隧道开挖断面分为两步，小净距一

侧预留2m岩层，第一步采用爆破开挖，中间打 $\phi 30\text{cm}$ 的空孔5个，作为减震孔。第一步开挖时控制开挖进尺在1m以内，炸药用量在58kg以内，及时进行震速监测，做好爆破动态参数调整。第一步开挖完成后，再进行第二步机械开挖预留的2m岩层。具体施工开挖工序见下图所示。

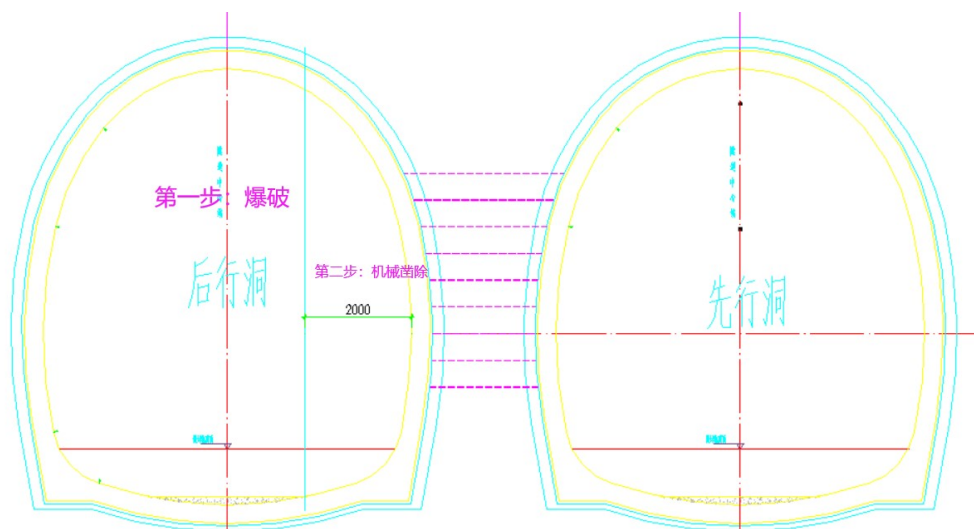


图4.2 后行洞开挖施工工艺图

(4) ①②③步全部完成后，进行中间岩柱预留的对拉锚杆施工，及时立架支护，保证现场施工安全。

(5) 由于净距超小，后行洞开挖会造成先行洞应力重新调整，进而对先行洞二衬造成不利影响，在加强初支参数的基础上，先行洞及后行洞二衬后期开挖初支完成后再进行施工。

通过此施工工艺，可将现场机械开挖两台阶施工改为爆破开挖+机械开挖施工，减少分台阶数量和缩短开挖时间，同时避免了分台阶导致机械开挖作业困难的问题，因为根据地勘报告显示小净距段岩层为泥质砂岩，岩层强度较高，小挖机开挖困难，大挖机开挖空间受限。

### 五、城镇轨道交通燕尾及小净距段施工控制建议

城镇轨道交通山岭隧道断面多、变化频繁，洞内工序穿插多，合理组织燕尾及小净距段施工工序，保证燕尾及小净距段施工安全至关重要。所以城镇轨道交通山岭隧道燕尾及小净距段隧道施工控制遵循以下建议：

(1) 进场后，及时审核施工图纸，对复杂的城镇轨道交通山岭隧道燕尾及小净距段隧道的初支厚度情况及围岩情况进行熟悉了解及掌握，并制定切实可行的爆破施工方案及施工组织方案。

(2) 联合安环部、测量队编制燕尾及小净距段施工应急预案。

(3) 先行洞开挖初支施工时，在中间核心岩柱内预埋应力计，保证后行洞开挖能及时对核心岩柱进行应力监控。

(4) 燕尾及小净距段施工时，施工监测人员和项目部测量人员及时对先行洞开挖初支面布置监控量测

点，在后行洞施工时，对先行洞初支面进行沉降收敛监测，根据沉降收敛监测情况及时调整施工工艺。

(5) 项目部安排人员在地表上方进行震速监测，保证后行洞震速在0.5cm/s内。

(6) 现场施工时，后行洞爆破开挖进尺开始不易过大，应先按照进尺0.5m左右进行试爆，再根据岩柱应力监测情况、先行洞沉降收敛情况、爆破震速进行动态调整。

### 六、结束语

重庆轨道交通15号线二期项目部通过合理优化中梁山隧道燕尾及小净距隧道施工工艺，缩短了开挖时间，保证了施工进度。同时解决了施工机械施工困难的问题，整体上节约了项目施工成本，为后续城镇轨道交通燕尾及小净距隧道施工提供了指导方向，节约了资源成本，并在业主、监理方赢得了良好的印象。

### 参考文献

[1] 姚成玉. 大跨径小净距隧道施工工艺研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(03): 86-87.  
 [2] 田洪肖. 艰险山区浅埋偏压小净距隧道施工优化分析[D]. 山东科技大学, 2020.  
 [3] 曾仲和. 小净距隧道施工的关键技术及个性化研究[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(02): 209-210.  
 [4] 齐春峰. 小净距隧道施工工艺[J]. 西部探矿工程, 2004(07): 97-99.  
 作者简介: 何伟, 男, 1986.10.02, 湖南, 汉, 本科, 职称或职务: 工程师。研究方向: 山岭隧道和城市轨道工程。