

浅谈“双侧壁导坑法”在超大断面隧道的应用

付正义

重庆赛迪工程咨询有限公司 重庆 400013

摘要: 本文结合重庆某隧道工程项目,对软弱围岩下超大断面隧道工程施工工法的确定,以及“双侧壁导坑法”在施工过程中的应用进行分析,为今后同类项目提供一定的理论依据和思路。

关键词: 隧道工程、超大断面; 双侧壁导坑法

引言

随着当前我国经济的快速发展,交通网的逐步完善,成为了各地沟通的重要媒介,而市政工程则成为基础设施建设中的重要一环,不仅起到了城市服务枢纽的重要作用,更展现了城市发展基础。本着保护生态环境以及美观协调的原则,同时为了满足道路技术标准的要求,多设计为隧道通行方案,由于地形所限,很多地段设置了超大断面隧道。在超大断面隧道的施工中,“双侧壁导坑法”作为主要施工技术,仍有较大应用前景。

一、超大断面隧道介绍

超大断面隧道一般指开挖面积在 140m^2 ,主要的判断标准详见表1。

表1 隧道断面划分表^[1]

国际隧道协会划分		日本划分标准	
断面标准	净空断面面积/ m^2	断面标准	开挖断面面积/ m^2
小断面	3.0~10.0	标准断面	70.0~80.0
中断面	10.0~50.0		
大断面	50.0~100.0	大断面	100.0~120.0
超大断面	> 100.0	超大断面	> 140

二、工程概况

本文研究的隧道为重庆市某(后续均为该隧道)连续隧道,该隧道按连续隧道进行设计,为双洞分离式八车道公路隧道,隧道总长 2.87km (其中1#隧道左线长 1085m 、2#隧道左线长 290m ;1#隧道右线长 1180m 、2#隧道左线长 315m),1#隧道分别从左右线两端两头掘进,2#隧道采用进口端单洞向前掘进。

该隧道左右线均按照小净距布置,间距为 $18\sim 40\text{m}$,隧道断面最大宽度为 $20.23\sim 20.97\text{m}$,开挖高度 $14.34\sim 15.05\text{m}$,断面面积为 $228.36\sim 250.33\text{m}^2$,判定为

超大断面隧道。

该隧道基岩面埋深约 $0.00\sim 50.0\text{m}$,场地内整体的基岩面随地形起伏总体较缓,基岩风化带随基岩面起伏变化,厚度一般 $1\sim 2\text{m}$;局部地形较陡的地段,基岩强风化带厚度相对较大,最大可达 5.00m 以上。基岩强风化带岩体破碎,风化裂隙发育,岩质软,根据围岩分级标准,围岩主要为中风化砂质泥岩,划分为IV~V级^[2]。

隧道水文条件主要为大气降水及地下排水管线渗漏补给,水文地质条件较复杂。沿线地下水可分为第四系松散层孔隙水和基岩裂隙水。

三、超大断面隧道施工工法的确定

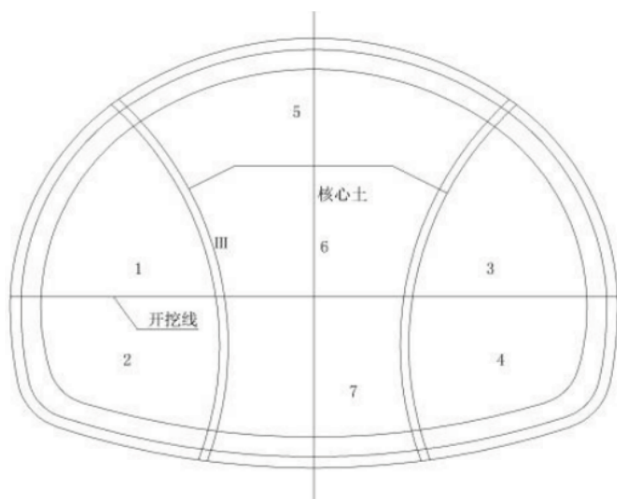
目前国内隧道施工主要的开挖方式为:台阶法、环行开挖预留核心土法、双侧壁导坑法、单侧壁导坑法、交叉中隔壁法等,施工前我们根据设计提供的参数,该隧道扁平率为 0.57 ,三心圆内轮廓断面设计,该设计参数小于日本tomei-meishin^[3]公路建设经验提出的扁平率 0.65 ,关宝树^[4]统计的国内外大断面隧道指出的扁平率 $0.64\sim 0.65$,以及金星亮^[5]通过数值模拟的重庆轨道5号线3标超大断面扁平隧道最优扁平率 0.63 ,且根据地勘提供的资料,由于该隧道围岩较差,设计对围岩变形要求非常严格(预留变形量 12cm),为满足设计要求,以及施工过程中的安全,施工前我们详尽的分析该隧道工程地质、水文地质和围岩性质,借鉴和吸收国内外类似工程的先进施工经验,选择了双侧壁导坑法,能有效防范各类风险的发生或降低风险发生的概率。

四、“双侧壁导坑法”施工工法

“双侧壁导坑法”又称为“双侧壁导洞法”或“眼镜工法”^[6],该项技术以岩体力学理论为基础,应用新奥法原理指导施工,其原理是利用中隔壁把整个隧道的大断面划分为3个小断面进行施工,左、右导洞先行,中间

断面紧跟其后，待初支和仰拱形成闭环后，再拆除两侧导洞的临时支撑，形成全断面。具体开挖方法如下：

测量放线→超前探孔→两侧超前支护→左侧导坑上台阶开挖(①)→出渣运输→左侧导坑上台阶超前支护、初期支护、临时支护、锁脚锚杆→左侧导坑下台阶开挖(②)→出渣运输→左侧导坑下台阶初期支护、临时支护、锁脚锚杆→右侧导坑上台阶开挖(③)→出渣运输→右侧导坑上台阶超前支护、初期支护、临时支护、锁脚锚杆→右侧导坑下台阶开挖(④)→出渣运输→右侧导坑下台阶初期支护、临时支护、锁脚锚杆→中部导坑上台阶开挖(⑤)→出渣运输→拱部超前支护、初期支护→中部导坑中台阶开挖(⑥)→出渣运输→中部导坑下台阶开挖(⑦)→出渣运输→中部导坑下台阶初期支护。



双侧壁导坑法开挖示意

五、双侧壁导坑施工过程中的技术控制要点

1. 超前地质预报

为提前探明清楚围岩地质状况，避免突发事件的产生，必须掌握断层破碎带位置、性质、规模、富水情况，突泥等不良地质情况。因此，该隧道采用了TSP地震波探测、地质雷达探测(如下图)、超前水平钻探、红外线探水仪进行预报。地质分析与物探、钻探接合、相互印证；其目的是通过预报掌子面前方围岩不良地质与软弱围岩范围，进一步确认并详细划分围岩级别，再结合掌子面观测和施工设计图，及时提出施工方案建议，在好的围岩段节省工程投资，对软弱围岩段的支护切实得到加强，真正比较好地实现对隧道的动态信息化施工管理，尽量避免或减少由于技术等原因所造成的工程事故以及由此所造成的不必要的人力、物力、财力浪费，使隧道

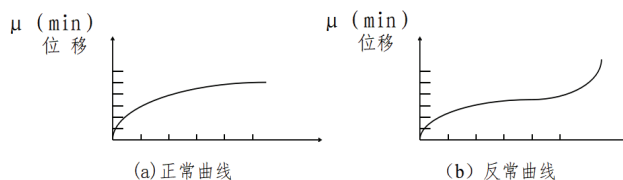
建设的投资分配更加合理，保证施工安全和工程质量，加快施工进度，缩短工期。

2. 监控量测

根据该隧道的实际情况，在施工过程中必须进行的监控量测项目有浅埋地段地表下沉量测、水平收敛及拱顶下沉量测，仰拱隆起以及地质及支护状态观察。在施工过程中，我们根据隧道地质特点和结构形式，结合现场实际需求，选择一些特殊监控量测项目对隧道进行深入研究，如围岩内部位移量测、锚杆内力量测、钢支撑内力量测、喷射混凝土应力量测等。

(1) 围岩稳定性和支护效果分析

施工过程中将量测数据进行处理和分析，绘制时间—位移曲线。一般情况会出现如下两种时间—位移特征曲线见下图。



1) 图a表示绝对位移值逐渐减小，支护结构趋于稳定，可施作模筑混凝土衬砌。

2) 图b表示位移变化异常，出现反弯点初期支护出现严重变形，该段支护须采取加强措施，确保隧道不塌方；严重时施工人员须迅速撤离施工现场，保证施工人员安全。

(2) 洞身爆破开挖

该隧道双侧壁导坑施工方法采用分段分台阶掘进，上层断面先于下部掘进，两者间距2~3米。为此爆破开挖上层断面采用倾斜掏槽和周边眼光面爆破方式进行施工，首先起爆掏槽眼形成并改善爆破临空面，随后依次起爆各段掘进眼，最后起爆周边眼，形成较为平整的隧道上轮廓。

下层断面考虑到充分利用已形成的爆破临空面，采用由上至下的起爆顺序，先起爆掘进眼下再起爆周边眼和底板眼。重点控制一次起爆药量，减少爆破振动对隧道围岩的扰动，保证施工安全。

六、双侧壁导坑应用过程中注意事项

该隧道为单洞四车道大跨度隧道，断面最大宽度20.97m，围岩以IV级和V级为主，施工过程中通过对拱顶沉降、边墙水平位移的不断观察、分析。不断调整开挖的安全步距、支护参数等，改善隧道的受力状态，降

低施工风险:

(1) 隧道开挖选用光面爆破、微震爆破、预裂爆破等控制爆破技术,过程中严格执行有关爆破安全规程,并通过爆破震动监测等监控手段严格控制爆破震动对隧道围岩的不利影响。

(2) 通过拱顶沉降、边墙水平位移的变化规律。得到先开挖深埋侧的隧道围岩位移量比先开挖浅埋侧小。因此在施工过程中应选用先深后浅的开挖方案。

(3) 临时支护安装及拆除:应在各部开挖支护完毕后,初期支护封闭成环,初期支护体系可以承受围岩的全部压力。监控量测围岩变形稳定后,方可拆除临时支撑钢架。

(4) 隧道施工坚持“弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的原则,各分部采用光面爆破开挖为主,机械配合开挖,每循环进尺不超过1~2榀钢拱架(IV级围岩每循环进尺为2榀钢拱架,V级围岩每循环进尺为1榀钢拱架)。

(5) 为尽量减小两洞开挖及爆破震动的相互影响,保护中夹岩柱的稳定,左右线开挖掌子面错开距离不小于50m。

(6) 在后行洞开挖掌子面时,应对应关注先行洞前、后各25m的位置,加强监控量测。

(7) 根据隧道地质的实际情况,隧道双向开挖距贯通前20m时,应改为单向开挖。停一侧掌子面开挖施工,同时该侧掌子面的作业人员和机具撤离后,应立即设置警戒。

(8) 钢拱架架设时拱脚必须架立在坚固的基座上,拱脚高度不够时不得用土回填,而应设置预制块、钢板、槽钢调整,以保证钢架稳定;钢架与初喷混凝土间务必紧密接触。

(9) 为做到有疑必探、先探后掘原则。施工中应充分利用综合探测手段,进行超前地质预报,对不良地质段施工制定相应的技术措施。

(10) 加强隧道监控量测工作,及时掌握施工中围岩和支护的力学动态及稳定程度,来确定施工工序和施工支护参数,保证施工安全。

(11) 防坍塌逃生管道是隧道施工生命线,用于在发生坍塌等意外事故时逃生、联络和传递物品的生命线,一旦出现险情启用此管道。管道距离开挖掌子面不大于20m。一般为:内径为 $\Phi 800\text{cm}$;长度应不小于80m。

(12) 针对小净距、大断面隧道,安全步距应在设计给定的基础上,应反复论证,并结合实际情况制定,同时实时监控量测和超前地质预报得到的数据及时作出动态调整,避免各工序之间相互干扰,造成人为的安全事故。

(13) 要充分借用数字化、信息化平台施工,实时监控隧道施工中地质、围岩变化等诸多不确定的因素,及早发现安全及质量隐患,及时采取有效的预防措施。

结束语

通过对重庆某隧道的实际施工经验,得出如下结论:

(1) 超大断面隧道施工方案的确定,需经过反复论证,在确保安全的情况下,综合考虑成本及进度。

(2) 施工过程中钢支撑拱脚处一般为应力集中点,易造成开裂,施工过程中严格按照设计方案实施,避免隧道破坏。

(3) 隧道开挖安全步距,在规范范围内根据实际情况,及时进行调整,确保施工的顺利进行。

参考文献

- [1] 盛汉洋“CRD法”及“双侧壁导坑法”在小净距、大断面隧道施工中的应用.《建筑安全》2020(1-2)
- [2] 中国四车道及以上超大断面公路隧道修建技术的发展.2020.1(18)
- [3] 关宝树.隧道工程施工要点集[M].2版.北京:人民交通出版社,2011.
- [4] 金星亮,梁斌,焦雷,等.浅埋扁平超大断面隧道断面优化设计研究[J].郑州大学学报:理学版,2017,49(4):112-118.
- [5] 浅埋暗挖隧道双侧壁导坑法施工技术研究.学术文献.2022.3.31(1).
- [6] 云茂高速全线隧道顺利贯通.央广网,2020.5.13(2)