

小断面隧道悬臂掘进机快速施工技术

白秀峰

(中铁第五勘察设计院集团有限公司高原铁路监理项目部 四川 康定 626000)

[摘要]如何快速施工复杂外围环境下的小断面隧道成为目前施工单位面临的新问题,传统钻爆法因爆破产生的震动较大在高楼林立的城市和临近既有隧道区域无法有效的实施,控制爆破开挖和普通的破碎锤开挖的效率低、成本高、安全风险大,无法满足成本和工期要求。本文以广州地铁十八号线冼村站暗挖区间和渝黔铁路安稳隧道泄水洞小断面隧道采用悬臂掘进机快速施工。隧道开挖无需使用炸药,超欠控制好,降低施工成本,同时对围岩损伤小、扰动少、安全性高。机械化作业程度提高,作业质量更易控制,大大减少了影响质量的人为因素。

[关键词]小断面;掘进机;隧道

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.353

1 引言

近年来随着城市地铁项目和已开通项目长大隧道新增泄水洞工程的不断增多,复杂外围环境下的小断面隧道如何快速施工成为目前施工单位面临的新问题,传统钻爆法因爆破产生的震动较大在高楼林立的城市和临近既有隧道区域无法有效的实施,控制爆破开挖和普通的破碎锤开挖的效率低、成本高、安全风险大,无法满足成本和工期要求。本文以广州地铁十八号线冼村站暗挖区间和渝黔铁路安稳隧道泄水洞小断面隧道施工为背景,介绍采用悬臂掘进机快速施工小断面隧道的优势所在。

2 悬臂掘进机施工原理

悬臂式隧道掘进机是一种利用装在悬臂上的切削装置切削岩石并形成所设计断面形状的大型掘进机械。具有截割、装载、转运岩石、喷雾降尘等功能,以机械方式破落岩石的掘进设备。

隧道开挖施工借助掘进机本身重量形成反作用力,利用截割头带动截齿转动对岩面进行分层割掘,在利用铲板和星轮将割掘的渣土通过传送带运送到后方自卸汽车中,由自卸车运送至洞外,周而复始完成掌子面掘进。

3 悬臂掘进机作业适用条件

不同型号的悬臂掘进机作业适应条件不同,主要取决于岩石抗压强度和施工的隧道断面,以三一重工STR318H悬臂掘进机为例,施工最佳断面为6×6.5m(宽×高),隧道岩石强度在20MPa~60MPa范围内地质条件下全断面掘进作业优势相当明显。

表1 施工效率表

序号	岩性	岩石抗压强度 (Mpa)	理论施工效率	备注
1	石灰岩	≤40MPa	15-30m ³ /h	
2		≤60MPa	10-20m ³ /h	
3		≤80MPa	6-10m ³ /h	

4 悬臂掘进机施工前准备工作

4.1 悬臂掘进机组装

根据悬臂掘进机的结构尺寸提前规划拼装场地。三一重工STR318H悬臂掘进机拼装场地尺寸不得小于20m×5m×5m(长×宽×高),在竖井内拼装时为满足悬臂掘进机部件顺利吊装下井,施工竖井的尺寸不得小于8m×6m(长×宽),同时吊装起重机最大重量不得小于25t。

4.2 通风装置的配套

(1) 每台悬臂掘进机配套一台干湿除尘器。干式除尘器布置在洞口附近,通过负压风管将洞内的粉尘收集到除尘器内,负压风管10米一节。干式除尘器及负压风管布置示意图1。

(2) 在洞口安装轴流风机,使用风管将新鲜空气输送到掌着面附近。负压风管、通风管道布置示意图2。

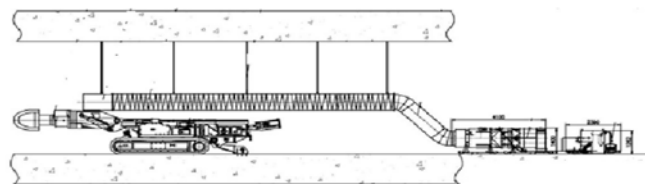


图1 干式除尘器及负压风管布置示意图

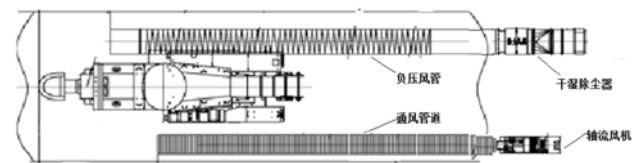


图2 负压风管、通风管道布置示意图

4.3 水电布置要求

STR318H悬臂掘进机,每台悬臂掘进机配置一台10KV转1140v,容量800KVA的变压器。电力安装示意图3

洞内布置水管,水管流量大于30L/min,压力1~3Mpa,供悬臂掘进机作业时使用,掘进机处于工作状态时为降温 and 降尘,需使用高压水进行冷却和除尘。

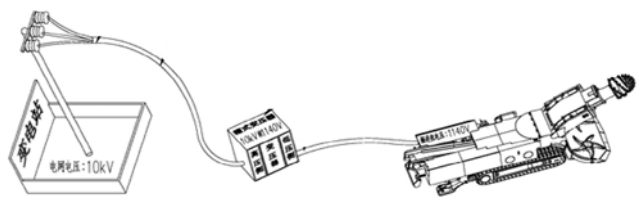


图3 电力安装示意图

4.4 安装红外线超欠挖控制导向仪



图4 红外线超欠挖控制导向仪

(1) 悬臂掘进机施工开挖前做好隧道测量工作, 洞口设三个以上复核过的三角精密导线控制网点。开挖过程中采用红外线激光导向仪投影至掌子面进行超欠挖控制。

(2) 使用激光导向仪定位控制断面超欠挖: 由项目技术人员在测量定位时在初期支护已成型段固定8个点或更多, 在固定点上设置红外激光仪, 掘进机司机根据红外线定位截割范围, 防止超欠挖。见图4。

5 悬臂掘进机施工

5.1 水电布置要求悬臂掘进机行驶就位

提前为悬臂掘进机修筑行驶通道, 悬臂掘进机整机行驶到工作面, 若由横通道转到正洞隧道时, 要提前规划横通道的宽度和转弯半径设置, 确保转弯顺利。同时, 在双线隧道转换施工作业时, 为方便后续出渣、仰拱、二衬施作需结合现场实际情况及隧道长度设置临时转换横通道, 结合悬臂掘进机尺寸及最小转弯半径要求, 确定临时转换横通道的大小, 待施工完毕后进行封堵。

5.2 掘进施工

(1) 切割断面形状

当悬臂掘进机从洞口开挖累计完成30m时, 需启动通风和除尘设备, 先开启轴流风机向洞内输送新鲜空气, 再开启干湿除尘器。除尘设备正常工作, 渣土运输车就位后, 开始掘进。

悬臂掘进机就位后, 开始从掌子面底部水平割出临空面, 向前移动掘进机再一次就位, 就位按S型或Z型左右循环向上的切割路线逐级切割以上部分。当遇有凸出硬岩时, 不应勉强切割, 应首先切割其周围部分使其掉落, 然后再按正常顺序切割。遇节理发育较好岩石, 则应选择沿岩石节理方向逐步切割。在切削同时通过铲板及星轮将渣装入运输车, 由传送带将渣土输送至渣土车内, 由渣土车运输至存渣点, 若在地铁竖井内施工需由洞内运输至渣土井内临时存渣点, 在通过渣斗利用龙门吊运送至井外渣池。

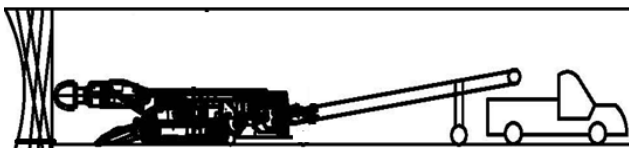


图5 切削出渣示意图

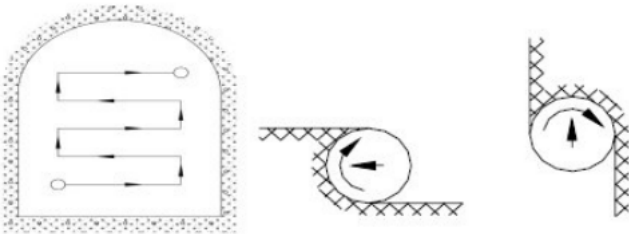


图6 所示切削轨迹

(2) 二次修整断面

初步切割断面形状完成一段后, 测量人员利用悬臂掘进机更换截齿等间隔时间, 对已完成的断面进行精确扫描, 根据扫描数据进行局部修整, 经过二次修整的断面确保设计结构尺寸满足要求。

5.3 渣土运输

渣土运输分为三部分: 导洞内水平运输、提升井垂直运输(竖井)及渣土外运。

导洞内水平运输是悬臂掘进机用铲板部耙爪将切削下来的渣装入运输车, 由传送带将渣土输送至渣土车内, 洞内运输至渣土提升点。垂直运输是采用龙门吊将渣土提升至地面渣池。渣土外运是将现场渣土运送至指定弃渣场, 现场存渣池应满足2循环的存渣需求。

5.4 初期支护施工

(1) 钢架施工: 掘进成型后, 有拱架段落, 悬臂掘进机将简易台架托至工作面, 工人站在支护台架上进行钢架支护; 除支护台架外, 也可通过在切割臂上设置的支护平台及托梁器直接进行钢架支护。

(2) 钢架支护的完成后及时施工锁脚锚杆管、系统锚杆和钢筋网片。

(3) 喷射混凝土施工: 按设计配合比和厚度要求进行喷射初期支护混凝土。

每个循环结束后机手要对设备进行日常检查, 需要更换截齿的及时更换, 将悬臂掘进机的日常检查和保养纳入整个施工循环的工序中, 更好的为施工组织提供有力保障。

5.5 衬砌及附属工程施工

衬砌及其他附属工程施工与传统施工方法一致, 但施工前一定要注意核对结构断面, 确保悬臂掘进机施工完成后能退出至洞外。

6 悬臂掘进机施工的优缺点分析

(1) 根据现场实践, 悬臂掘进机掘进适应岩石强度最合约为 $\leq 60\text{MPa}$ (比较经济), 当岩石强度 ≥ 60 以上需要消耗截齿较多成本相对较大。

(2) 悬臂掘进机在小断面无拱架支护且围岩较好段落施工优势明显, 可连续开挖和出渣。

(3) 若悬臂掘进机施工断面较大的隧道, 按二台阶法施工, 上台阶长度较长, 存在安全风险, 不具备优势。

(4) 悬臂掘进机施工有拱架段落时, 存在掘进完成后支护工序转换问题, 必须将机子退至临时转换通道处再施工初期支护, 因此工效将大大降低, 需结合该工装和工况进一步改进设备, 使其具有兼顾立拱架等功能平台。

(5) 围岩较破碎时, 开挖过程中经常出现大块围岩掉块, 导致掘进机转运设备经常出现卡带现象。

7 结束语

悬臂掘进机施工小断面隧道运用于城市轨道交通建设将减小对周边环境造成的不利影响, 特别是穿越建筑物、民居密集的线路和既有线区域具有明显优势。隧道开挖无需使用炸药, 无炸药管控及购买费用, 超欠控制好, 可大大节约支护和衬砌材料, 节省人力, 降低施工成本。同时对围岩损伤小、扰动少、安全性高。机械化作业程度提高, 作业质量更易控制, 大大减少了影响质量的人为因素, 具有良好的推广利用价值。

参考文献

[1] 王梯普, 李远征, 魏武巍, 等. 悬臂式掘进机在小断面隧道掘进工程中的应用[J]. 采矿技术, 2019, 19(4): 4.
 [2] 边树杰, 贾安鹏, 王振亮. 复杂地质下隧道悬臂掘进机法的施工技术[J]. 军民两用技术与产品, 2018(22): 1.
 [3] 高文甫. 悬臂式掘进机在长距离小断面隧洞施工中的应用[J]. 水电施工技术, 2019(2): 3.