

硬黏土地层大直径盾构刀盘优化技术

王兆峰

中铁十四局集团大盾构工程有限公司

摘要: 针对卵石、圆砾含量较高的硬黏土复合地层的地质特性,对刀盘配置和刀具形式进行研究,能够适应硬黏土复合地层盾构掘进,减少换刀次数和刀具损坏概率,提高盾构施工效率,减少盾构施工成本。

关键词: 硬黏土;大直径盾构;水刀;先行刀

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2020.12.064

在盾构隧道施工中,合理的刀盘形制是盾构项目施工成败的关键;尤其是在复合地层盾构隧道施工,刀具配置和选型更是关键中的关键。不合理的刀具配置和选型不仅会造成刀具削掘能力差,贯入度低,盾构推进速度慢,施工效率低下;在圆砾、卵石含量高的地层中还会造成刀具的大面积非正常损坏,额外增加换刀频率,极大影响项目进度和增加项目施工成本和安全风险。

一、工程概况

清华园隧道2#~1#盾构区间由2#竖井2a始发井始发向南依次下穿知春路(地铁10号线)、北三环、学院南路至1#接收井接收。区间始发段平面线形为直线;纵断面为进洞后以20%的坡度下坡;区间进洞埋深为21.4m(2#~1#区间隧道最底点埋深28.68m),区间长度2707.5m。盾构隧道采用全预制管片拼装,设计强度C50、抗渗等级P12;管片外径12.2m、内径11.1m,环宽2m,6+2+1模式拼装。衬砌环纵、环缝采用斜螺栓连接,其中块与块、环与环之间各18根和25根M36螺栓。管片螺栓性能等级为8.8级。

二、施工难点

2#~1#盾构区间掘进地层中,粉质黏土④层多含有圆砾、卵石等,局部卵石及圆砾含量较多,特别在与卵石层和圆砾层接触部位,圆砾含量达到29.8%~43.6%,卵石含量5.4%~23.7%,粉质黏土胶结,重型圆锥动力触探试验锤击数51~52击,平均51.6击,地层呈密实状,土石工程分级为III硬土。该层普遍分布,层厚一般为1.20~2.90m,层底标高为12.27~13.38m。地层力学性质较好,粘聚力和地层承载力增加,是比较理想的持力层,但增加了开挖难度。此种地层对撕裂刀磨损较大且容易在短时间内烧结泥饼。为应对此种地层,保证盾构顺利掘进,本文对刀盘进行了系统的优化,保证掘进施工的顺利进行。

三、优化方案

(一) 刀盘形式

盾构机的刀盘面板形制主要有面板式、辐条式以及复合式。本文盾构机采用复合式刀盘,开口率为36%。复合式刀盘主要适应于岩石受区域变质作用较强,混合岩化和片麻理构造均较明显,岩质较坚硬,锤击声脆,不易击碎,抑或中密为主,部分密实,含薄层细^[1],适用于本项目盾构区间掘进地层的土体性质。

(二) 中心水刀

本项目在刀盘中心安装了4把中心水刀,防止刀具剥落的黏土-卵石土块/泥团堵塞刀具间隙或包裹刀具,避免刀具失去锐利的切削棱角,最终避免出现贯入度降低、切削能力下降、扭矩增大的情况,同时可有效避免泥饼粘结或泥团的形成。

(三) 刀具形制优化

1. 磨损机理及改进

刀具磨损主要可分为正常磨损和非正常磨损。正常磨损为刀刃与土体摩擦造成金属原子或晶体逐步流失、刀刃变短变钝的过程;非正常磨损为刀具切削过程中由于碰撞、冲击导致刀

刃块状缺失,因刀体磨损、刀刃和刀体界面连接强度不足导致刀刃的整体脱落。其中非正常磨损主要包括崩齿、偏磨、穿孔等。从磨损统计来看,在圆砾、卵石含量较大且有胶结现象的粉质黏土层中,偏磨为非正常磨损的一个主要类型^[2]。偏磨解决办法为加强偏磨侧(一般为靠近刀盘外边缘)材料强度及硬度,偏磨侧刃角加宽、加大,耐磨合金块加高、加宽。

刀具磨损过程分为3个阶段:阶段1为初步磨损,由于砂卵石地层对刀具磨损严重,刀具耐磨合金块很快磨损,随后刀头开始磨损,该阶段磨损量小于5mm,磨损系数范围约为0mm/km~0.002mm/km,刀具切削轨迹限值为220km左右;阶段2刀具磨损较为严重,磨损系数明显增大,磨损系数范围约为0.003mm/km~0.12mm/km,刀具切削轨迹限值为280km左右;阶段3当切削轨迹大于310km时,磨损系数范围为0.13mm/km~0.18mm/km,磨损量会很快超出容许值。

由此可见,真正可以高效利用刀具的阶段为阶段1和2,为延长刀具在这两个阶段的工作时间,本项目对原始先行刀进行了优化,改善耐磨块的韧性,提高其耐冲击能力。并针对地层具体情况,对刀具耐磨块的排布形式进行了优化,提升了刀具的耐磨性。

2. 改进效果分析

在卵石、圆砾含量60%左右的地层中,边缘刀具29、32号刀在更换为改进先行刀后,其切削距离及磨损量如表1所示(325~336环)。

表1 刀具磨损数据表

刀号	刀具回转半径 (mm)	掘进距离 (m)	切削距离 (km)	磨损量 (mm)
29	5680	82	505.7	10
32	6159	46	280.5	6

由此可以看出,边缘刀具在使用新型先行刀后,刀具可以以较少的磨损量切削更长的距离,磨损量小的情况下刀具可以保持较好的锋利度,进而可以提高掘进效率。

3. 常压换刀

一旦刀具磨损进入阶段3,则需及时换刀,避免刀具磨损严重伤及刀座和刀盘。由于本项目盾构区间掘进距离远,硬黏土地层占比较大,所以预期换刀次数较多。为减少换刀时间,故采用常压可更换刀具形式。

四、实际效果

常压换刀、中心水刀等功能的有效结合,2#~1#盾构区间克服了盾构区间硬黏土层中刀具磨损较快、刀具切削土体困难、贯入度低等问题,8月份在以硬黏土地层为主的地层中掘进476m,仅进行一次常压换刀,提高了有效施工时间。

五、结论

(1) 在卵石、圆砾含量超过30%的硬黏土地层中,增大先行刀刀刃倾角,提升其耐冲击性和耐磨性可有效提高刀具在超磨出现前的工作时间。

(2) 复合式刀盘较适合于软硬不均类型地层。

参考文献

[1] 姚占虎,杨钊,田毅,等.南京纬三路过江通道工程关键施工技术[J].现代隧道技术,2015,52(4):15-23
 [2] 明胜.南昌地铁泥水盾构穿越赣江浅覆盖透水层施工关键技术研究[J].隧道建设,2015,35(11):1222-1228.
 [3] 张公社.超大直径泥水平衡式盾构始发技术[J].铁道建筑技术,2009(8):57-61.