

盾构机刀盘磨损修复技术的应用实践

高成梁

(中国中铁九局集团有限公司,辽宁 沈阳 110023)

摘要:刀盘是机械化盾构机的掘削机构,具有开挖地层、稳定开挖面、搅拌渣土等功能,并承受大扭矩、大推力和冲击载荷的作用,其工作状况非常恶劣。因此,刀盘在盾构推进过程中将会不可避免地出现磨损。通过工程实例,介绍了盾构机刀盘磨损修复的技术应用。

关键词:盾构机;刀盘;磨损;焊接修复

中图分类号:U455.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)05-0025-03

Application of Renovation Technique for Cutterhead on Shield Machine/GAO Cheng-liang (China Railway No. 9 Group Co., Ltd, Shenyang Liaoning 110024, China)

Abstract: As tunneling and cutting equipment of a shield machine, the cutterhead can excavate stratum, stabilize excavation face, mix soil slag, etc. and meanwhile it absorbs high torque, big thrust force and impact load. Because the working condition is extremely bad, it would wear inevitably during thrusting processing. Based on the project example, the renovation technique for cutterhead of the shield machine is explained and discussed in this paper, which can be referred to by those who are to cope with similar problems.

Key words: shield machine; cutterhead; abrasion; welding renovation

盾构是一种用于隧道暗挖施工,具有金属外壳,壳内装有整机及辅助设备,在钢壳体掩护下进行土方开挖、土渣排运、整机推进和管片安装等作业,而使隧道一次成形的机械。盾构机按掘进方式分为人工、半机械和机械化形式。目前机械化盾构发展较快,它由刀盘旋转切削地层,采用螺旋输送机或泥浆管运送渣土,在壳体内拼装预制管片,依靠液压千斤顶推进。

盾构在地下开挖中会遇到各种不同地层,从淤泥、粘土、砂层到软岩及硬岩等。在开挖中刀盘受力复杂,工作环境恶劣。刀盘的质量关系到开挖效率、使用寿命、工程费用及盾构施工的成败。然而,由于刀盘不可避免的磨损往往给工程带来干扰和隐患,这就需要在短时间内对盾构机刀盘磨损进行焊接修复,从而为盾构机开始新的掘进任务提供良好的设备条件。

1 工程概况

沈阳地铁 1 号线第五合同段重工街站~启工街站起点里程为 DK6+052.818,终点里程为 DK6+828.040,区间长度为 775.222 m。线路最大坡度 25‰。区间隧道为单洞单线圆形断面,线间距为 13

m,隧道顶部覆土厚 7.86~13.72 m,属中浅埋隧道。隧道穿越的地层主要为中粗砂、砾砂,其中夹杂卵石,勘探可见最大粒径 75 mm。工程区域内受影响的地下水为潜水,渗透性强,含水量大。区间隧道采用 1 台日本小松公司制造的土压平衡式盾构机(TM625PMX-3)施工。

该盾构机于 2007 年 5 月 18 日在启工街站左线始发,2007 年 8 月 28 日到达重工街站,每日进尺 7.5 m。盾构机到达后,发现盾构机刀盘磨损严重,需要进行修复,然后在重工街站右线始发,返回向启工街站掘进。

2 刀盘布置及磨损分析

2.1 刀盘布置

刀盘的结构既要考虑刀盘的开挖性能,又要考虑渣土的流动性及掌子面的稳定性。刀具的布置方式需要充分考虑工程地质情况。本工程中盾构主要穿越砂性土,砂性土摩擦阻力大,渗透性强,在盾构的推进挤压下水分很快排出,土体强度提高,故不仅盾构推进摩擦阻力大,而且开挖面土压力也较大,对刀盘的磨损会比较严重。另外,盾构土仓内刀具切削下来的砂土不易搅拌成均匀的塑流体,因此需要

收稿日期:2007-12-04

作者简介:高成梁(1979-),男(汉族),甘肃兰州人,中国中铁九局集团有限公司助理工程师,地质工程专业,硕士,从事地铁施工工作,辽宁省沈阳市铁西区启工街中铁九局沈阳地铁第五合同段项目部,gaotian_csu@163.com。

设置渣土改良设备。

鉴于上述工程实际情况,本工程盾构机采用了如图 1 所示的辐板式刀盘。盾构刀盘由钢结构件焊接而成,目前其主流形式有面板式、辐条式及介于二者之间的幅板式。辐板式刀盘兼有面板式和辐条式刀盘特点,由较宽的辐条和小块幅板组成,刀具分别布置在宽辐条的两侧和内部。辐板式刀盘不仅使得土压平衡更易于控制,土砂流动顺畅,不易堵塞刀盘开口,且刀盘扭矩阻力小,保证有较好的掘进性能,又能节省设备投资,而且较大的面板有利于布置较多的刀具,同时较小的开口率也有利于保护本工程中容易坍塌的砂性土围岩的稳定。

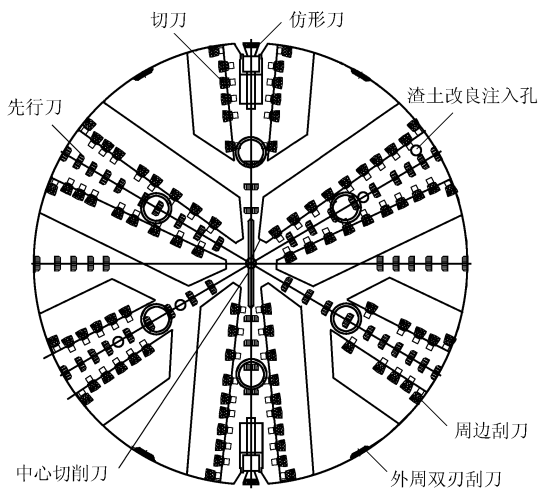


图 1 刀盘结构布置示意图

本工程盾构机刀盘标称直径 6240 mm,开挖直径 6270 mm,刀盘面板厚 475 mm。刀盘辐条为 6 条,开口率为 45%,采用中间支撑方式,可以顺时针或逆时针回转对开挖面进行掘削。在各辐条及面板上设置了切削刀具及先行刀,在刀盘盘面和土仓壁处设置了共计 12 个渣土改良添加剂注入孔(其中刀盘 5 个、土仓壁 6 个、人行闸 1 个),刀盘上还设有随着刀盘一起转动的搅拌棒。整个刀盘的布局对本工程中的中粗砂、砾砂地层等土质都能很好地适应。

刀盘上设置的刀具有中心切削刀、切刀、先行刀、周边刮刀、仿形刀等刀具。中心切削刀用于开挖面中心断面的开挖,起到定心和疏松部分土体的作用,中心刀只有一把,高 350 mm;切刀是主刀具,用于开挖面大部分断面的开挖,切刀共 80 把,高 80 mm,刀刃高度 50 mm;先行刀在开挖面沿径向分层切削,预先疏松土体,降低切刀的冲击荷载,减少切削力矩,先行刀共 56 把,高 120 mm,刀刃高度 60 mm;周边刮刀也称半径刀,用于切削外周的土体,保

证开挖断面的直径,外周单刃刮刀 12 把,外周双刃刮刀 4 把;仿形刀用于曲线开挖和纠偏,共 2 套。刀盘面板外周、搅拌棒、刀盘边缘侧板等处焊接格栅状耐磨条,充分保证刀盘在砾砂层掘进时的耐磨性能。

2.2 磨损情况

盾构机到达重工街站后,立即对盾构机及刀盘进行清理、检查,发现盾构机刀盘外周磨损非常严重。盾构刀盘本体外缘侧板磨损在纵向方向上呈现中间大、两头小近似 V 形,在整个侧环面上形成一圈磨损凹槽,凹槽中部磨损平均为 22 mm,两侧磨损平均为 15 mm,如图 2(a)所示。刀盘本体外周边缘在纵向方向上磨损约为 160 mm,从外周边缘到刀盘中心径向方向上磨损约为 180 mm,以致在刀盘外周边缘形成一个近似三角形的磨损区,如图 2(b)所示。刀盘辐板外圈上的 16 把周边刮刀及其安装基座损坏,14 把切刀及先行刀损坏,如图 2(c)、(d)所示。刀盘中心及辐板中部的刀具磨损量相对较小。从整体上看,刀盘及刀具呈现外周及边缘侧板磨损大,中心及圆周中部磨损小的特点。

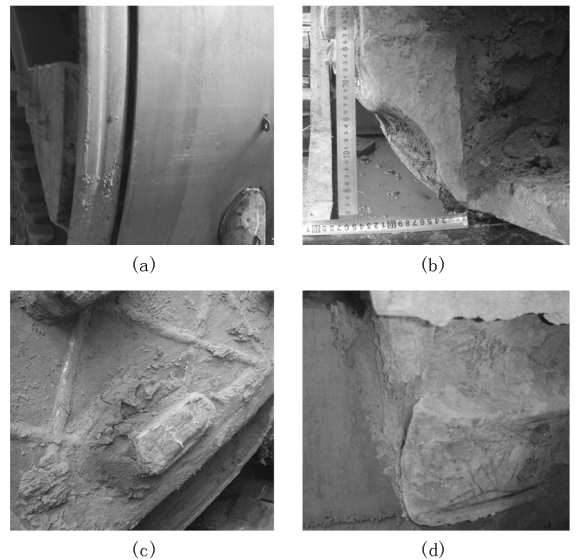


图 2 刀盘磨损实物图

2.3 刀盘及刀具磨损原因分析

本工程盾构穿越地层主要为砾砂层,其中夹杂有大粒径块石、卵石,因此对刀盘和刀具的磨损都很大。同时,当刀盘作圆周运动掘进时,刀盘边缘线速度较大,更加容易导致刀盘和刀具的磨损。当周边刮刀及外周刀具被磨损破坏后,自然就使得刀盘外周边缘及边缘侧板受到了严重磨损。

除此之外,也不能排除地层中含有障碍物的可能。由于从盾构机渣土及掘进完毕后的土仓中没有发现障碍物残体,那么有可能的便是地层中含有硬

表 3 有限元计算的面板坝应力位移

状 态		竣工期	蓄水期	
地基及坝体 位移/cm	水平向	向上游 向下游	13.61 11.43	1.33 15.85
	竖直向	向下	46.59	49.68
	第一主应力	压	737.95	793.66
地基及坝体 应力/kPa	第三主应力	压	388.27	447.44
	挠度	向坝内	1.17	25.31
面板位移/ cm	坝轴向	向左岸 向右岸	0.21 0.18	1.30 1.31
	面板应力/ kPa	坝坡向	压应力 拉应力	200.71 32.09
周边缝/mm		坝轴向	压应力 拉应力	88.93 109.97
	面板缝/mm	垂直坝坡向错动		0.10
沿缝长向错动			1.10	3.70
拉/压			0.80/0.60	5.10/5.20
周边缝/mm	垂直坝坡向错动		0.40	0.50
	沿缝长向错动		0.90	5.60
	拉/压		0.1/0.8	9.40/0.0

为 1303 kPa, 应予以重视。面板缝与周边缝 3 个方向的位移不大, 满足要求。

总之, 通过有限元模拟, 可以发现, 在建 25 m 低坝的基础上, 无论是土石心墙坝和混凝土面板石坝都能在经过处理的深厚软弱土地层上修建, 但相对而言, 建筑土石心墙坝更加可靠一些, 因为混凝土面板坝在模拟中出现的面板拉应力是一个不利因素。

4 结语

达开水电站坝址深厚软弱土层厚度超过 80 m, 只能利用软弱土层作为挡水坝地基, 本文选取土石心墙坝和混凝土面板坝 2 种坝型, 在现有的地基处

(上接第 27 页)

5 结语

(1) 刀盘是盾构机掘进的重要设备, 应采取各种措施减小其磨损。值得注意的是, 前期勘察或土体加固过程中, 有可能掉入钻头、钻杆等金属构件, 如果这种情况发生, 则必须将其打捞出来, 避免盾构机的非正常磨损。

(2) 刀盘及其刀具在砾砂层中磨损严重, 呈现周边磨损量大, 内部磨损小的特点。这就提醒我们应该对刀盘外周及其边缘侧板进行加强处理, 以提高刀盘的使用寿命, 减少修复次数。

(3) 对刀盘本体进行耐磨层堆焊, 在刀盘外缘

理技术的基础上, 采用混凝土搅拌桩和碎石桩等措施对深厚软弱地基进行处理, 通过有限元模拟发现: 在地基处理的情况下, 深厚软弱地基上可以建设 25 m 的土石心墙坝和混凝土面板坝。通过进一步比较还能发现建筑土石心墙坝更加稳妥。

当然, 本文的结论是建立在设计单位提供的最基本的试验资料基础上给出的, 对坝体材料还应增加一些试验资料, 以确定出更合理的计算参数, 使计算结果更加符合实际。

参考文献:

- [1] 郭诚谦, 陈慧远. 土石坝[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992.
- [2] 顾淦臣, 束一鸣, 沈长松. 土石坝工程经验与创新[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [3] 傅志安, 凤家骥. 混凝土面板堆石坝[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1993.
- [4] 蒋国澄, 赵增凯. 中国的高混凝土面板堆石坝[A]. 国际大坝会议——混凝土面板堆石坝国际研讨会论文集[C]. 北京: 2000. 1-17.
- [5] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [6] 龚晓南. 复合地基[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1992.
- [7] 龚晓南. 深层搅拌法在我国的发展[A]. 龚晓南. 深层搅拌法设计、施工经验交流论文集[C]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 1-9.
- [8] 郭志业, 詹佩耀. 深层水泥搅拌桩复合地基沉降计算[A]. 龚晓南. 深层搅拌法设计、施工经验交流论文集[C]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 65-70.
- [9] 陈云敏. 温州机场站坪及联络道扩建工程软土地基搅拌桩处理试验报告[R]. 浙江大学岩土工程研究所, 1997.
- [10] 陈云敏, 等. 水泥搅拌桩静荷载试验研究与探讨[A]. 第二届结构与地基国际学术研讨会论文集[C]. 香港: 1997.

加焊高强度的耐磨钢板, 提高了刀盘的使用寿命, 节省了工程投资。需要指出的是, 刀盘焊接修复需要采取合理的焊接工艺和保证良好的焊接质量。

参考文献:

- [1] 邹积波, 朱华锋. 盾构机刀盘的应急修复[J]. 工程机械与维修, 2003, (6): 95-96.
- [2] 蒙先君, 章龙管, 阳晓玲. 盾构刀盘洞内维修实例及评议[J]. 现代隧道技术, 2004, 41(5): 65-72.
- [3] 蒙先君. 复合式土压平衡盾构机刀盘常见故障(损坏)原因分析及解决措施[J]. 隧道建设, 2004, 24(2): 61-66.
- [4] 何其平. 土压平衡盾构刀盘结构探讨[J]. 工程机械, 2003, (11): 10-16.
- [5] 尹立孟. 60CrMnMo 槽型辊的埋弧堆焊修复[J]. 焊接, 2002, (11): 43-44.