

体结构不同,这就要求在盾构机选型时要对该地区地质环境有充分的掌握,同时参考同类型地质盾构机选型经验,结合项目自身特点,对盾构机加以改造。

盾构掘进过程易出现地下管线沉降变形,土体空洞、坍塌、涌水等事故。隧道内施工空间狭小,存在有害气体,盾构机良好运行可以减少人员进入有限空间开仓换刀、维修刀盘的次数,进而降低人员暴露在危险环境的时间。地铁施工中,人员多、分工细,隧道内信号覆盖不全面,会导致地面与地下沟通不畅通,信息传达不及时。需要监控调度室作为一切工作命令的信息传递中心枢纽,搭建地面与地下“联防联控”应急机制。尽可能缩短响应时间,保证信息传递及时有效。

①风溪河站—温泉大道站区间下穿4号线二期隧道,隧道外径为6m。竖向最小净距约3.2m。区间含漂石。盾构机推进时注意对土体的扰动,控制土压和出土量,保证注浆量。

②1#风井~2#风井区间下穿双流机场DN1800主供水管,供水管埋深1.4m,水管底距隧道顶为5.5m,盾构隧道与供管交叉角度约为 $59^\circ$ ,隧道埋深浅、距离管道近,地层沉降不易控制。

③1#风井~2#风井区间下穿成雅铁路,盾构穿越成雅铁路处理深6.86m,隧道外边缘与高架桥梁桩基础净距6.3m,设计要求桥桩沉降及位移允许值为2mm。

④卵石地层掘进速度慢,刀盘和刀具磨损严重,容易卡刀盘,保压换刀困难。要强化刀盘、盾体和螺旋输送机的耐磨设计。

⑤盾构法施工难以控制砂卵石地层沉降,盾构掘进过程土压控制难度较大,螺旋输送机土仓压与排土匹配性较差。

### 2.3 盾构机设计创新之处

针对地质条件和工程重难点的分析,为确保施工安全,在盾构机设计时主要考虑以下要点:

①砂卵石地层对刀盘的负载扭矩巨大导致出现卡刀盘现象。驱动部分盾构机选用大扭矩配置。

②盾构机在砂卵石地层掘进时螺旋机和刀盘磨损严重,在易磨损部件处强化耐磨层的设计。

③成都富水砂卵石地层地下水含量丰富,地层渗透性强。螺旋机应用防喷涌设计,防止安全隐患出现,对土仓内的富水渣土进行改良设计,减缓喷涌压力。

④穿越风险源时盾构法施工需减小地层扰动、控制好地面的沉降。配置的微速推进系统配合螺旋机的PID控制设计在穿越重要风险源时能有效控制盾构机掘进对土壤的扰动及地层的沉降。同时配置二次注浆系统,控制管片拼装完成后的地面二次沉降。

⑤砂卵石地层摩擦系数较大对盾构机盾体摩擦阻力大。盾构机推进系统应用大推力设计,并在盾构机壳体外围布置径向注入管,注入膨润土减小对盾体外周摩擦阻力<sup>[1]</sup>。

⑥本次项目管片外径为8300mm,盾构开挖面积大需改

良的土体面积大。盾构机在刀盘和土仓隔板上设计多个注入入口,加强土体改良效果延长刀具使用寿命。

由我部承建的风温区间首次在成都地铁施工中应用大开口、无轴带式螺旋盾构机,该盾构机刀盘直径达8.6米,开口率为45%。同时螺旋机形式设计为带式,保证大卵石的顺利排出,可通过卵石的最大粒径为 $\phi 800\text{mm} \times 830\text{mm}$ 。

耐磨设计:刀盘设置3处液压型磨损检测刀和3处磨损检测条,可提前发现刀具及刀盘磨损情况,磨损后可实现刀盘背部更换。重型撕裂刀加入合金条,加厚耐磨块。刀盘面正面覆盖耐磨板,刀盘锥面及背面使用条形耐磨板,外周采用耐磨合金块全覆盖。

土仓中心搅拌设计:主驱动形式采用中间支承,固定土仓隔板,牛腿和搅拌棒在刀盘旋转时对土仓内的土进行实际的搅拌,刀盘中心不易结泥饼。设置有5个主动搅拌棒和5个被动搅拌棒,配置高压喷水口在3个被动搅拌棒上,可以对牛腿或刀盘背面进行冲洗,能够有效防止土仓中心泥饼产生。

螺旋机设计:螺旋机伸入土仓长度一个节距可以将卵石顺利排出;将螺旋机出口闸门拆掉安装渣土泵和管道组件,可直接将渣土排送至土方箱中,解决螺旋机喷涌问题。明一区间和一二区间上所用盾构机采用的是轴式螺旋,该螺旋机螺旋叶片外周焊接合金块,螺旋轴及螺旋叶片侧面上进行耐磨堆焊。螺旋机前筒体内表面焊接HARDOX500的耐磨条,大大提高了螺旋叶片及螺旋机筒体的耐磨性能。

皮带输送机小倾角设计:在成都这样富水卵石地层施工,易发生喷涌现象,大角度的皮带机对稀渣很难输送,造成渣土飞溅,影响文明施工。根据相关的工程案例,使用 $11^\circ$ 倾角的皮带机来提高渣土的输送效率,同时皮带机采用大功率、高带速的驱动部件,能够高效运输渣土,使渣土飞溅现象得到很好的控制。

## 3 设备安全管理

### 3.1 机械施工工序

地铁建设项目由于在城市施工,毗邻住宅、城镇道路、地下管线等情况较为突出,为最大化保证城市正常运行,施工场地建设不宜过大。而在周边环境复杂的施工场地内需投入大量大型机械设备,并在现场完成安拆、转运工作,如盾构机吊运安拆、垂直运输设备门式起重机转运安拆、砂浆搅拌站建造、水平运输设备电瓶车井下安装等。场地集中涉及大型设备多,盾构法施工工序衔接紧密工期节点时间紧,人员组织管理难度大常出现交叉作业,这些因素导致项目安全管理、协调工作难度大。为确保盾构施工24小时有序进行,必须将工厂化流水线作业模式引入工程施工现场,管理上分模块分区域划分责任网格,明确网格责任人员、安全监管人员、生产联络人员,与施工现场机械设备进行有效人机融合,确保施工生产安全平稳。盾构作业机械施工工艺流程图如图

1所示。

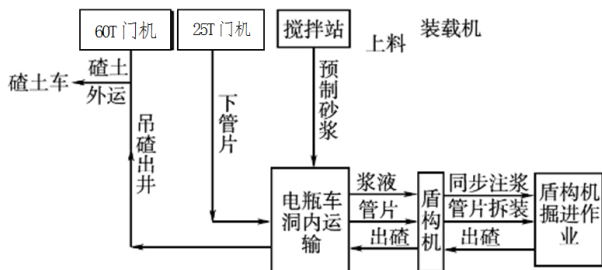


图1 盾构作业机械施工工艺流程

### 3.2 设备安全管理要点

地铁工程中盾构区间的设备安全管理工作要求比常规管理都复杂精细，安全管理工作涉及面广、对安全管理人员的要求高。针对地铁盾构法施工工程的设备安全管理工作，首先要严格执行设备“待检区”制度，不合格设备一律禁止进场，明确每台设备操作人员，定人定机定岗，做好进场安全教育培训及岗位风险告知工作，严格执行设备安全操作规程。

设备安全管理的有效性决定了工程建设的有序开展和安全生产的顺利进行。尤其是在工程现状不断更新的当下，安全问题日益突出，盾构法施工多为十人以上有限空间作业，一旦发生事故，容易造成群死群伤，因此应每月召开安全风险辨识会，对施工现场风险进行动态更新，深化风险分级管控和隐患排查治理“双控”机制，进行不断地改进优化，使相关工作进一步完善，加强机械设备的日常保管与养护，及时消除设备安全隐患，禁止“带病”作业，才能为建筑工程项目的施工提供坚实的后盾。

#### 3.2.1 制度先行，强化管理手段

①以管理制度为根本、建立健全项目管理制度。对施工现场的机械设备进行多维度管理，从“管、用、养、修”四个角度完善管理职能；落实开展“日周月检”以及专项检查（包括起重设备专项检查、临时用电安全专项检查、井下设备盾构机+电瓶车专项检查等）。检查不能流于形式，要切实发现问题、解决问题，通过检查发现及时安全隐患，立行立改。对反复出现的同类安全隐患，要召开隐患分析会，深入分析问题所在，提出解决对策。

②通过对规章制度和管理办法的解读，明确每个岗位的职责，根据不同设备的特点制定该设备的安全操作规程、保养检修条例。重视设备进退场全流程管理，严格把控每台设备的进场验收程序，禁止不合格设备进入场地使用。

③制定每台设备的保养计划，列出责任人，按保养计划定期维护保养。小修登记、大修报告，完善维修台账。针对大型自有设备或相同类别设备统一登记，例如门式起重机、搅拌站、各类水泵、电瓶车、盾构机、叉车、装载机等。设

备的维修保养应该遵循预防为主，坚持日常保养与计划维修并重，只有维护保养到位，才能使设备处于安全良好状态，降低故障发生率。

④针对每台设备的易损易耗件储备替换件，以便在设备故障时及时进行更换，减少维修时间。替换件要严格按照种类分类摆放、标注名称及使用部位，并做好台账记录，实时更新。

⑤以设备安全运作为目标，推行过程管理标准化，重视信息化建设。对施工现场大型设备安装智能监控设备，同步掌握设备运行情况。

#### 3.2.2 “以人为本”，提升安全意识

设备操作人员是机械设备的直接管理者，必须持证上岗，操作不当以及在使用过程中不按操作规程使用、不定期维护保养极易造成安全事故发生。每次的例行检查中除了对设备的检查，还要重视对设备操作人员行为规范、交接班记录、维修保养记录及运转日志的检查复核。通过对设备人员进行星级考评、起到“正向激励、反向约束”作用，全面提升人员安全意识。

随着机械设备的不断更新迭代，除了在实践中摸索设备的管理和维护经验，也要通过不断学习理解新设备、新原理和新的维修技能来提高自身专业技术能力，保证工作的安全进行。设备安全管理人员要通过班前喊话、操作规程宣讲、定期培训和月度总结会等形式及时总结，对隐患问题举一反三，优化安全生产管理工作，全面提升安全意识。

## 4 结语

地铁施工应用大量工程设备，特种设备占比高，盾构机作为工程机械领域的高端成套设备，具有研发周期长、技术工艺复杂以及施工风险大等特点，是国家轨道交通工程施工的“大国重器”。在新一轮产业革命的带动下，高端设备的创新发展和安全管理考验严峻。在最大程度保证安全前提下针对不同地层、不同施工要求对盾构机进行创新调整，优化后配套设备衔接流程，从管理方式上逐步完善施工体系建设。科学引导管理工作安全化、规范化、制度化。通过不断实践和积累，增强人员的安全意识和综合素质，充分发挥机械设备的效能，有效融合人际关系。

### 参考文献

[1] 周新远,李恩重,张伟,等.我国盾构机再制造产业现状及发展对策研究[J].现代制造工程,2019,467(8):157-160.  
 [2] 姚梦林.地铁施工管理与施工技术分析[J].建筑工程技术与设计,2018(32):2692.  
 [3] 李龙,周晓鹏.富水砂卵石地层大直径盾构刀具磨损规律及优化分析[J].施工技术,2020,49(13):35-40.