

盾构机暗挖车站站内解体接收施工技术

刘长霞

中铁十四局集团隧道工程有限公司

摘要：由于场地及工期等因素影响导致盾构机到达接收里程后，无法进行正常的拆解及吊出，需在洞内对盾构机进行拆解分块，倒运至始发井吊出。结合北京地铁19号线草桥站~右安门外站区间盾构到达拆解施工实践，盾构机从风井始发井始发，到达右安门外站后，盾构机主机与后配套台车各线路断开；预先在右安门外站底板铺设轨道用于暂储分块盾体，在中板预留孔洞安装分解盾体用行架装置；盾构机各部件的拆解、存放、运出顺序紧密相连，在有限的空间内完成盾构机主机零部件从始发端运出。

关键词：盾构机；暗挖地铁站；站内解体；土压平衡盾构

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.22.019

通常情况下，盾构机到达接收里程以后，进入接收井，在接收井内进行盾构机拆解，并分块吊出^[1-6]。如果因场地所限，或者工期因素等影响，盾构机到达接收里程后无法正常拆解吊出，此时，可对盾构机进行站内分块拆解，利用原始发井及已完成隧道将分解后盾构机吊运出洞。本文以北京地铁19号线草桥站~右安门外站区间盾构在右安门外站站内分解为例，阐述该施工方案。

一、工程概述及工程难点

（一）工程概况

北京地铁19号线草桥站~右安门外站区间全长约2374m，其中盾构段长度约2150m，暗挖段长度为189m，顶覆土7.6~22.6m，区间最小转弯半径为R=450m，设计最大坡度（上坡）为28%，均位于地下。从草桥站到右安门外站依次下穿马草河、京沪高铁、凉水河，上穿北京地铁14号线。盾构隧道外径6.4m，内径5.8m，管片环宽1.2m，每环管片由6块管片组成，管片与管片之间通过弯螺栓进行连接。



本区间采用中铁装备生产的土压平衡式盾构机施工，其主要参数如下：总功率2100千瓦，主驱动形式

为变频电机驱动，前盾直径为6635mm，中盾直径为6630mm，尾盾直径为6620mm，刀盘直径为6640mm，刀盘形式为辐条面板式，刀盘开孔率54%，刀盘额定扭矩7400千牛米，刀盘脱困扭矩8200千牛米。

（二）工程难点

（1）盾构机螺旋机结构长，空间狭小，拆解干涉部位较多。

（2）主驱拆解复杂，体积大，质量大，连接复杂，并且主驱支架安全性要求高。

（3）刀盘分解工艺安全隐患多，倒运工作强度大。

二、盾构机拆解工序

盾构机从近草桥站风井始发井始发，到达右安门外站接收，因该站处于市区繁华地段，该车站接收端地面无设置施工竖井场地，无法进行盾构接收拆解吊出，需在隧道口对盾构机进行弃壳接收，将盾尾弃置于隧道洞口。中盾推出洞门钢环后，在盾尾可拼装范围内完成拼装最后一环管片后将盾构机顶推至拆解位置即停机，开始进行拆机工作。盾构机刀盘及盾体站内拆解后各部件存放在右安门外站站内，待盾构机后配套台车分解完成后按顺序用电瓶车运出隧道，再利用电瓶车将盾构机主机零部件从始发端运出。具体的施工顺序如下：

拆解顺序：刀盘拆解，站内临时存放；螺旋输送机拆解，运出洞；前盾拆机，站内临时存放；中盾拆解，站内临时存放；盾尾处注浆封堵（尾盾留在土体内）；台车（6#~1#）拆解，分解台车（6#~1#）悬架；管片拼装机拆解，安装存放支撑架；

运出洞：螺旋输送机运输吊出；台车（6#~1#）运输吊出；中盾按储存倒序运输吊出；前盾按储存倒序运输吊出；刀盘按储存倒序运输吊出。

三、盾构机到达施工

在盾构距离接收井95~100m时进行盾构机到达复核测量，对盾构机的位置进行准确的测量，明确成洞隧道中心轴线与隧道设计中心轴线的关系，同时对接收洞门位置进行复核测量，确定盾构机的贯通姿态及掘进纠偏计划。在考虑盾构机的贯通姿态时注意两点：一是盾构机贯通时的中心轴线与隧道设计轴线的偏差，二是接收洞门位置的偏差。综合这些因素在隧道设计中心轴线的基础上进行适当调整。纠偏要逐步完成，每一环纠偏量不能过大。

由于盾构到站时推力较小，致洞门附近的管片环与环之间连接不够紧密，因此做好后20环管片的螺栓紧固和复拧紧工作。并用槽钢沿隧道纵向拉紧后20环管片，

使后20环管片连成整体，防止管片松弛而影响密封防水效果，然后清理场地，并做好以下进站施工：

(1) 盾构机破洞后，调整好刀盘的位置焊接吊耳，并在洞门刀盘底部安装并固定4条短钢轨，防止盾体扎头。

(2) 在洞门水沟位置底部焊支架，铺导轨；支架要与接收架焊接在一起，导轨和接收架导轨要平整过渡。

四、盾构机洞内拆解施工

(一) 刀盘分块拆解前移

破洞门后，盾构机继续掘进，待前盾出洞约3m（前盾距离后端封堵墙台阶3m）后，停止推进。由于刀盘拆解后需要原地返回，为了便于刀盘拆解和运输，依据接收端结构尺寸、隧道内径、始发井结构尺寸，对刀盘分块进行模拟确定最佳分块方案，最终确定刀盘为“4+1”分块形式（如图2所示），方便拆解运输及后期恢复，分块尺寸和重量如表1所示。

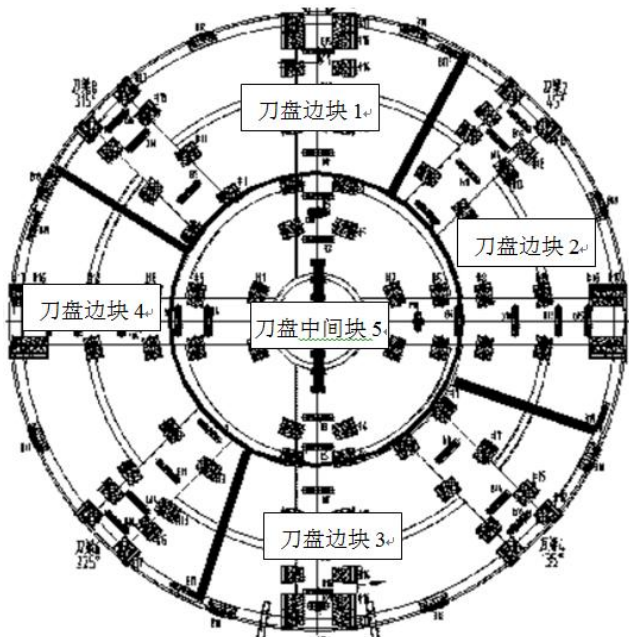


图2 刀盘分块拆解示意图

表1 刀盘分块参数表

分块名称	重量 (t)	尺寸 (长×宽×高) (mm)
刀盘上边块	5	4674×2165×625
刀盘右边块	5	4674×2165×625
刀盘下边块	5	4674×2165×625
刀盘左边块	5	4674×2165×625
刀盘中间块	19	4020×4020×1860

(1) 拆解刀盘之前，对泡沫喷嘴、刀盘磨损检测器、超挖刀伸缩油缸等零部件做好标记并加以保护，防止在刀盘拆解过程中对其产生破坏。设计好各刀盘边块的分割线，拆解刀盘时严格按照此分割线拆解。用专用工具对刀盘上回转接头及相关泡沫管路及液压油管等需

要拆卸的零部件进行拆除，拆除之后对裸露管路以及接触面进行保护。

(2) 拆解刀盘之前需将前移轨道延伸至刀盘前端，在轨道上铺设放置台（型钢拼焊而成）。

(3) 将刀盘旋转至图2所示位置，用工字钢固定刀盘，拆除刀盘上可拆卸刀具，清洗刀盘表面，除去刀盘表面残留物。

(4) 刨除各刀盘边块吊装吊耳位置处耐磨板并进行打磨处理，铆焊各边块的吊装吊耳，吊耳焊后自然冷却12小时后进行焊缝检测，合格才能起吊。

(5) 刀盘拆解前，用两个20t电动葫芦（电动葫芦A和电动葫芦B）在对称位置同时吊住刀盘上边块，调解电动葫芦使其链条在自然状态下绷直。然后用气刨按设计好的刀盘分块线分割出刀盘上边块，刨除过程中禁止刀盘上边块晃动。刀盘上边块与刀盘完全分离之后，将其用电动葫芦A和电动葫芦B吊运至放置台上，接着用卷扬机将放置台拉至隧道前端暂存（运输过程中放置枕木，保护刀具不受损坏），至此完成刀盘上边块的拆解。

(6) 按照上述步骤（5）的方式，前后拆解刀盘左边块、右边块及下边块。

(7) 用两个20t电动葫芦（电动葫芦A和电动葫芦B）在对称位置同时吊住刀盘中间块，接着用液压扳手拆除剩余部分的刀盘螺栓，拆除过程中禁止中间块晃动。螺栓拆除完成之后，将刀盘中间块用电动葫芦A和电动葫芦B吊运至放置台上，接着用卷扬机将放置台拉至隧道前端暂存（运输过程中放置枕木，保护法兰不受损坏），至此完成整个刀盘的拆解。

(二) 螺旋输送机拆解

刀盘拆除并平移后，开始进行螺旋机（如图4所示）拆解作业。

(1) 拆除螺旋机之前，将拆除螺旋机需要的工装材料用电瓶车运输至螺旋机位置，在拆除刀盘的同时加工好螺旋机的拆除工装。

(2) 将连接桥上面的干涉横梁以及拼装机支撑横梁一一拆除，再拆除螺旋输送机上的管线，并将管路端头密封，防止杂物进入。

(3) 在盾体内的“H”型钢架上焊接吊耳，将葫芦挂在吊耳上用以固定螺旋机前端。

(4) 将螺旋机的拆除工装底部焊接至管片平板上，工装上部通过葫芦固定螺旋机后部。

(5) 拆卸用来固定螺旋机的销轴，通过电瓶车及葫芦的配合，将螺旋机缓慢的从盾体内抽出，过程中可用拼装机进行辅助吊运。

(6) 将螺旋机平放至电瓶车上，并采用葫芦捆绑及焊接的方式将螺旋机固定，用电瓶车平稳地运出隧道。

(三) 前盾分块拆解前移

根据提供资料，设备破洞门后，右安门外站接收端

扩大端能使用的长度为7.7m。根据模拟，前盾和中盾只能分4块，若分三块，弦长为5.4m，剩余分块与结构边线5.3m，无法旋转方向。盾体分块尺寸和重量如表2所示，前盾分块如图3所示。

表2 前盾和中盾分块参数表

名称	分块名称	重量 (t)	尺寸 (长×宽×高) (mm)
前盾	前盾分块1	13.5	4675×2100×2250
	前盾分块2	11.5	4675×2100×2250
	前盾分块3	13.5	4675×2100×2250
	前盾分块4	11.5	4675×2100×2250
中盾	中盾分块1	16	3570×3150×1000
	中盾分块2	27	4730×3150×1925
	中盾分块3	28	5475×3150×1750
	中盾分块4	27	4730×3150×1925

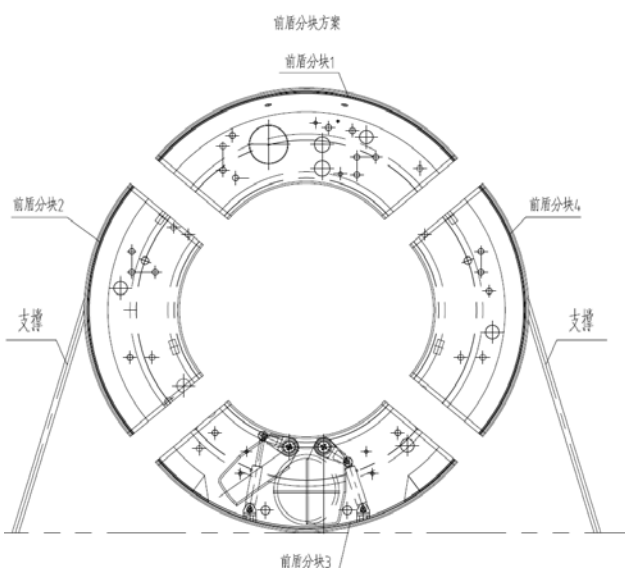


图3 前盾分块和编号

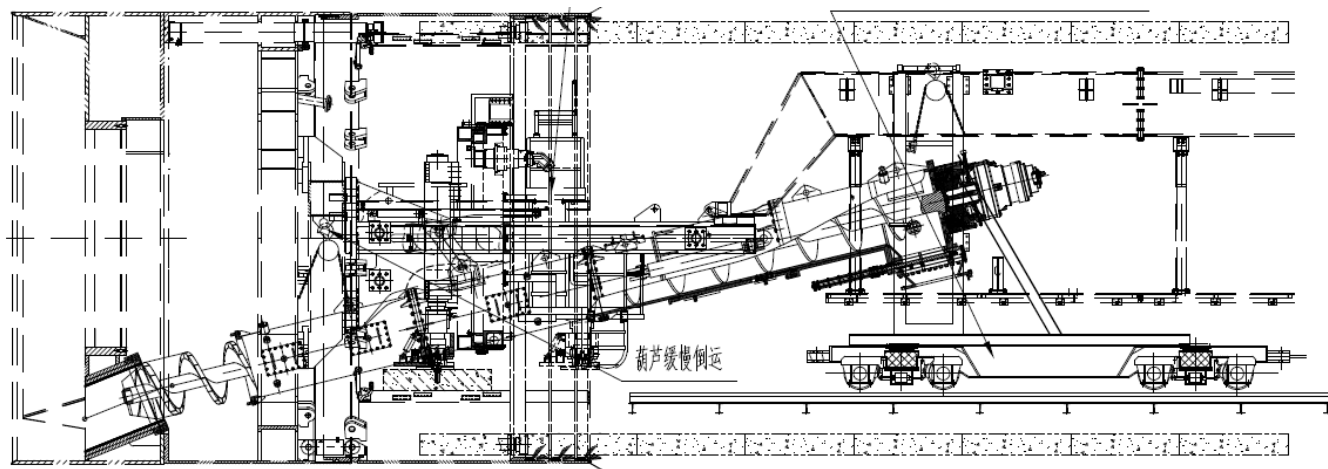


图4 螺旋输送机示意图

(2) 将连接桥至6号拖车之间的拉杆、连接销、水、气、液压等管路依次拆除，并对接头密封处理，防止杂物进入。

(1) 在吊装位置焊接吊耳，并对焊缝进行检测，同时将主驱动齿轮油，减速机齿轮油、冷却水等排放干净。

(2) 拆解主驱动电机电缆，油脂管路，冷却水管等管线，将拆解后的管路端口密封处理，防止管内被污染。

(3) 将8个主驱动电机、减速机依次拆除，拆除过程中需保持各连接端口清洁并用盖板封堵，防止其被污染，拆除完成之后小心导致电瓶车上并运出隧道至地面库房妥善存放。

(4) 将人舱与前盾之间的连接螺栓全部拆除，同时把人舱固定于中盾上。

(5) 将前盾与中盾之间的连接螺栓拆除，螺栓拆除完成之后用千斤顶使前盾与中盾分离。

(6) 拆解前盾之前，需在前盾外侧增加支撑如图3，拆解前盾分块1时使用两个20t电动葫芦（电动葫芦A和电动葫芦B）同时吊住前盾分块1并使两个电动葫芦的链条均处于绷直状态，沿图3所示分块位置刨除焊缝并将相关的分块之间的螺栓拆除，用电动葫芦A和电动葫芦B吊运前盾分块1至放置台上，接着用卷扬机将放置台拉至隧道前端暂存，完成前盾分块1的拆解。

(7) 使用电动葫芦拆解前盾分块2、前盾分块4并进行平移。

(8) 使用电动葫芦A和B拆除前盾分块3并向掘进方向移动，吊运前盾分块3至放置台上，接着用卷扬机将放置台拉至隧道前端暂存，完成前盾分块3的拆解。

(四) 台车拆解运输

(1) 将风水电断开，并将水排放干净后拆除连接桥及至6号拖车顶部的皮带输送机、皮带机架子、通风管、风机、风筒起吊架等散件，将其放于电瓶车通过电瓶车运出隧道吊装至地面。

(3) 将电瓶车底板放置于6号拖车框架中间位置，用4个50吨千斤顶将6号拖车平稳抬高，将工字钢固定在电瓶车底板合适位置，缓缓卸下千斤顶，将拖车平稳的

降置于电瓶车底板上，用手拉葫芦固定，然后将6号拖车通过区间盾构隧道运输至盾构始发井，旋转后吊出装车。

(4) 按照上述步骤(3)的方法依次将5号拖车~1号拖车运送出隧道吊装至地面存放。

(5) 拆除连接桥和主机之间的所有管线固定，拆下连接桥与拼装机连接的拖拉油缸销轴。

(6) 连接桥前端与盾体内H型钢连接，后端与1号拖车连接。为保持连接桥平稳托运，连接桥在与1号拖车和H型钢分开前，需安装连接桥支撑工装，如图5所示。

(7) 在横通道处对连接桥从原焊缝处割除，分块从始发井口吊出。

(五) 中盾分块拆解

(1) 拆解之前在中盾需要吊装的位置焊接好吊耳，吊耳检测合格之后开始拆除中盾内楼梯平台，平台拆除时注意保护盾体内的各元器件，以防损坏。

(2) 拆分铰接油缸，用盾构机的推进油缸将中盾与尾盾分离，向前平移中盾至指定拆解位置(此工作在拆除管线前完成)。

(3) 拆除“H”钢架并将其放置于电瓶车上运出隧道，拆除时需注意盾体内的元器件的保护避免损坏。

(4) 拆解中盾之前，需在中盾外侧增加支撑如图6，拆解中盾分块1时使用两个20t电动葫芦(电动葫芦A和电动葫芦B)同时吊住中盾分块1并使两个电动葫芦的链条均处于绷直状态，沿图6所示分块位置刨除焊缝并将相关的分块之间的螺栓拆除，并通过两个电动葫芦的吊运将其放置于电瓶车上，然后依次拆除其他中盾分块并运出隧道至地面。

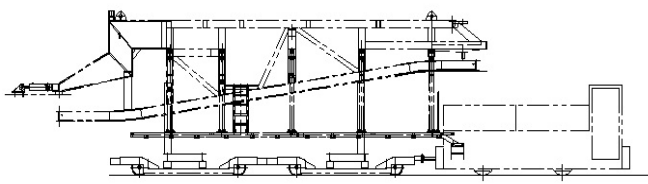


图5 安装连接桥支撑工装

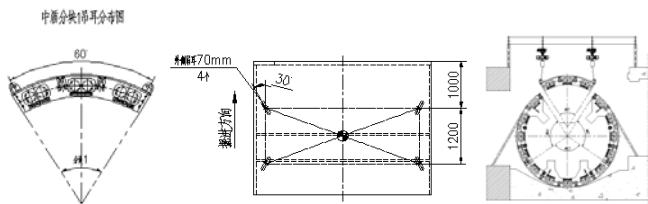


图6 中盾拆解示意图

五、盾构各部件转运及吊出井

盾构各部件拆解结束后，按照掘进方向顺序为：刀盘、前盾、中盾、连接桥、台车，因螺旋机外形宽度尺寸小于电瓶车宽度，在螺旋机拆卸后不必存放于洞内可直接转运吊出，盾构其他部件运输出井按照存放的倒序依次运输。运输方案如下：

(1) 台车运输采用液压抬升方案将整个台车装在电瓶车托卡上运输出洞。

(2) 将前盾、中盾分块通过卷扬机移至吊装井口处，通过行架电动葫芦转运至电瓶车运输出洞外。

(3) 同样方法将主驱动吊运出洞。

(4) 同样方法将刀盘分块吊运出洞。

六、施工注意事项

由于盾构机为现代化高精设备，价格昂贵，必须在运输装卸过程中做到万无一失，确保设备完好无损的运到指定位置。参加盾构机运输的全体人员必须牢固树立安全第一的思想，盾构机拆解运输应集中优秀专业技术力量，配置性能良好的车辆、数码相机、摄像机、经纬仪、水准仪、钢尺等设备，在拆解运输前完成线路详查工作，确保运输过程中轨道平稳。装车工程中电瓶车承重中心与货物的重心重合做到均匀对称，并做好记录。装车完毕，由安全捆扎组根据设备情况使用倒链、紧绳器、钢丝绳、橡胶防滑垫等工具进行合理捆绑，以防止设备在车板上滑移和通过陡坡或急刹车时设备发生移位，保证运输途中货物的安全。并指定专人在运输中定期检查倒链松动程度，发生松动及时紧固。

七、结束语

盾构机站内拆解解决了接收端不具备吊装条件下的拆机难题，施工风险可控，满足了工程工期要求。

盾构机站内拆解的关键是主机的拆机，其分块在满足隧道内拆解吊装、运输的前提下尽可能减少分块数量；分块原则满足切割不影响盾体内零部件整体性、安全性，并便于后续恢复焊接的可靠性。

后配套台车的拆解应根据其整体重量、重心位置合理设置固定装置，以确保运输安全；根据隧道内运输限界必要时拆除台车部分附件或合理切割分块。

参考文献

[1] 霍泽先, 李胜东, 李硕, 等. 富水软土地层盾构出洞接收关键技术[J]. 天津建设科技, 2021, 31(4): 52-54.

[2] 王林. 富水砂卵石地层RATS组合式盾构接收技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2021(3): 90-95.

[3] 沈伟, 俞淼, 付春青, 等. 盾构隧道冻结法与钢套筒联合接收施工技术[J]. 兰州交通大学学报, 2021, 40(1): 20-26.

[4] 刘攀. 液氮垂直冻结与水中接收盾构综合施工技术[J]. 山东交通学院学报, 2020, 28(2): 41-50.

[5] 徐锦斌, 王锋, 傅聪, 等. 水泥系与垂直冻结法在武汉地铁盾构接收中的组合应用[J]. 隧道建设(中英文), 2019, 39(S2): 358-365.

[6] 胡浩睿, 赵立锋, 孙广臣, 等. 盾构钢套筒接收技术在苏州地铁富水含砂地层中的应用研究[J]. 现代隧道技术, 2018, 55(4): 197-203.