

# 超大直径盾构机主动铰接组装技术研究

平洋

中交隧道工程局有限公司

**摘要：**对于超大直径盾构机主动铰接系统的现场组装，在国内无参考组装经验的前提下，针对整体式组装方式、整体与分体结合组装方式、分体式组装方式三种不同的组装方式，从施工成本、组装质量、安全性等方面进行对比分析，选用适宜的组装方式。经过对比分析与实践，采用整体与分体结合组装方式经济性好、质量高、施工风险相对较小，整体性价比较高。

**关键词：**超大直径盾构；主动铰接；组装；整体；分体

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.22.044

## 一、引言

某项目盾构隧道施工计划投入一台开挖直径15.76米超大直径泥水盾构机。该项目最小平曲线半径为600米，为实现小曲线转弯半径，本台盾构机配备了主动铰接系统，此前国内暂无配备主动铰接系统的超大直径盾构机。本文主要对如何在施工现场进行主动铰接系统的组装进行研究分析。

## 二、组装方式

一般用于城市轨道交通的中型直径盾构机均配备铰接系统，以实现小转弯半径的掘进。对于超大直径盾构机而言，本项目投入使用的盾构机为国内首次配备主动铰接系统的超大直径盾构机，如何在施工现场对铰接系统进行组装，是项目面临的一项难题。

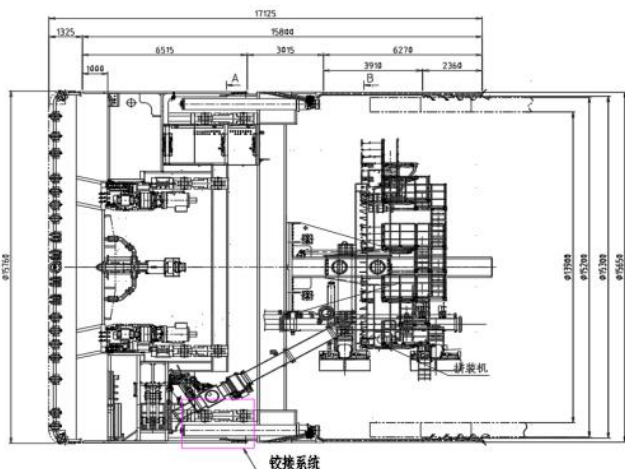


图1 盾构机总图

目前国内暂无类似施工经验供项目借鉴，参考其他直径类型盾构铰接系统的组装方式，结合本项目特点，对于本项目盾构机主动铰接系统的组装方式，主要有以下三种：

### (1) 整体式组装方式

主动铰接系统前后两部分环体在地面组装完毕，然后将主动铰接系统在地面装配、固定，采用整体吊装下井的组装方式；

### (2) 整体与分体结合组装方式

主动铰接前后两部分环体分别在地面装配，依次吊装下井，主动铰接系统在始发井进行整体组装的方式；

### (3) 分体式组装方式

主动铰接的前后两部分环体分块依次吊装下井，在始发井内进行环体的组装，随后完成主动铰接系统的组装。

### (一) 组装方式的对比分析

该盾构机开挖直径15.76米，主动铰接前部环体（B环）共分为5个分块，总重量约260吨，分块数量及重量见表1。

表1 盾构机B环分块重量表

序号	部位	数量	重量（吨）
1	B环分块1	1	51
2	B环分块2	1	53
3	B环分块3	1	48
4	B环分块4	1	52
5	B环分块5	1	56

B环总重260吨

主动铰接后部环体（T环）共分为8个分块，总重量约340吨，分块数量及重量见表2。

表2 盾构机T环分块重量表

序号	部位	数量	重量（吨）
1	T环分块1	1	37
2	T环分块2	1	48
3	T环分块3	1	37
4	T环分块4	1	48
5	T环分块5	1	37
6	T环分块6	1	37
7	T环分块7	1	48
8	T环分块8	1	48

B环总重260吨

盾体吊装就位位置距离吊机回转中心约22米左右，施工现场采用1台800吨履带吊对刀盘、主驱动等大件进行吊装作业。针对本台盾构机的基本情况，对以上几种组装方式进行如下分析。

### (1) 整体式组装方式

一般主要是中型直径及以下盾构机主要采用的组装

方式，其优点是一方面能保证主动铰接的安装效果，且采取加固措施后，不易损坏铰接密封；另一方面在地面组装更加灵活，方便快捷，且受作业空间受影响较小。对于本项目而言，盾构机直径较大，主动铰接系统在地面组装完成后总重量约为600吨（不含吊具），作业半径约22米，现场800吨履带吊无法满足吊装要求，需增加1台更大起重能力的履带吊，大大增加施工成本，且市场上难以找到满足吊装要求的履带吊；另一方面，整体式组装方式涉及超大件远距离吊装，吊装作业风险较高。通过以上分析初步判断，从经济性、安全性等方面考虑，此吊装方法不适宜本项目。

(2) 整体与分体结合组装方式

主动交接前后两部分环体分别在地面进行组装，具有整体式组装的大部分优点，主要区别在于前后两部分环体组装完成后，环体的整体对接是在始发井内完成的。相对于整体式组装，该组装方式对履带吊的起重能力要求较低，经过核算，施工现场现有的800吨履带吊起重能力满足使用要求，因此主要优点是可以节约工期与施工成本。该方式的主要缺点在于前后两部分环体需要在始发井内进行对接组装，稍微增加铰接系统的组装难度。此外，在始发井内组装完成后主动铰接系统需要翻身改变方向，即需要额外制作一套工装用主动铰接系统翻身，增加一部分工装制作费用，但远小于整体式组装方式额外增加的大型履带吊的费用。相对于整体式组装方式，吊装构件的尺寸、重量大大降低，吊装作业的施工风险有所降低。通过以上分析初步判断，该组装方式具备现场实施条件，从经济性、安全性等方面考虑，可以满足现场施工要求。

(3) 分体式组装方式

分体式组装方式最大的优点在于对起重设备的起重能力要求较低，施工现场现有履带吊即可满足吊装要求，最大分块重量约为56吨，相对于前两种组装方式，吊装重量大大降低，降低了大件吊装的安全风险。此种

组装方式的缺点也十分明显，由于每个盾体分块均需单独吊装，极大的增加了盾构机的整体组装时间，从而间接增加施工成本，因此此种组装方式不适用于工期紧张的项目。此外，相对于上述两种组装方式，该组装方式由于受到始发井空间影响，盾体各分块的安装质量不易保证，不利于铰接密封安装质量的控制，容易造成密封损坏。通过以上分析初步判断，该组装方式具备现场实施条件，从经济性、安全性方面考虑，可以满足现场施工要求，但难以保证铰接系统的安装质量，同时还应考虑对工期的影响。

(二) 组装方式的选用

表3 组装方式对比分析表

组装方式	经济性	安全性	组装质量
整体式组装	差	差	较好
整体与分体结合	一般	一般	较好
分体式组装	一般	较好	差

通过对以上三种组装方式的对比分析，结合施工现场具体条件，综合考虑经济性、安全性、组装质量等因素，主动铰接系统采用整体与分体结合组装方式更适宜本项目。

三、组装流程

针对动铰接系统整体与分体结合组装方式，需要首先在地面分别组装铰接系统的前后两部分环体，然后将前后两部分环体分别吊装下井进行组装，组装完成后将盾体进行加固翻身至始发姿态。

(一) 主动铰接后部环体（T环）地面组装后下井

为便于运输，主动铰接后部环体（T环）共分为8个分块，T环分块运输到现场后，在地面预留位置进行拼装，拼装前需将预留组装、焊接区域清理干净。

地面找平T环固定胎架，随后将T环各分块放置在胎架上，依次安装各分块、H梁，分块与分块之间通过定位销定位，再通过螺栓固定连接，T环整体拼接完成，复测T环整体水平度 $\leq 2\text{mm}$ 。

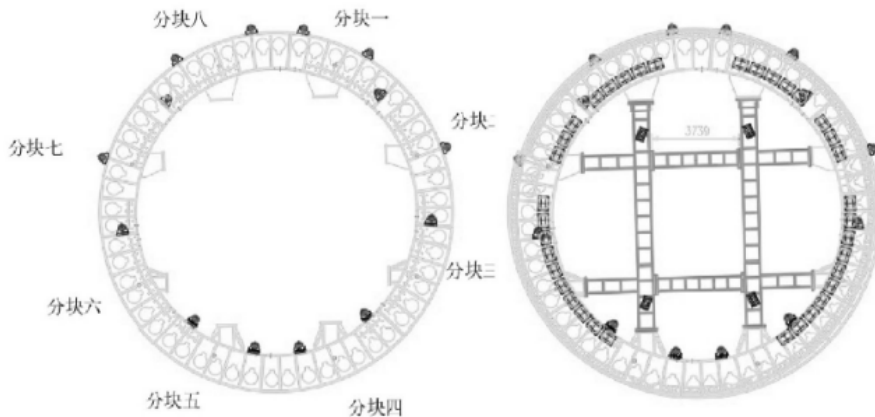


图2 T环分块示意图

以上全部安装完成并检验合格后，再对T环各分块之间进行焊接，T环整体组装完成后进行吊装下井，将T

环安装在始发井的翻身工装上面，盾体轴线与水平面垂直。



图3 T环整体吊装图

### (二) 主动铰接前部环体 (B环) 地面组装

与T环类似, 主动铰接前部环体 (B环) 共分为5个分块, 分块运输到现场后, 在平地上进行拼装, 拼装前将预留组装、焊接区域清理干净。

将B环各分块放置在胎架上, 依次安装各分块, 分块与分块之间通过定位销定位, 再通过螺栓固定连接, B环整体拼接完成, 复测B环整体水平度 $\leq 2\text{mm}$ 。

以上全部安装完成并检验合格后, 再对B环各分块之间进行焊接。

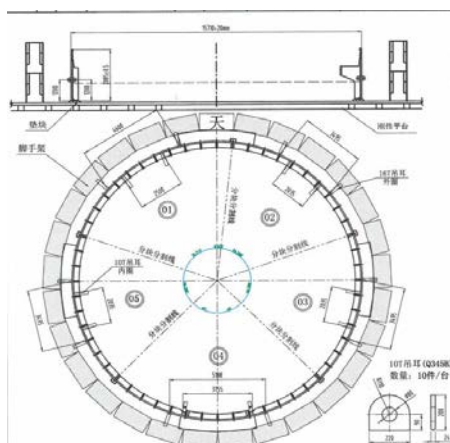


图4 B环分块及地面组装示意图

### (三) 主动铰接系统整体组装翻身

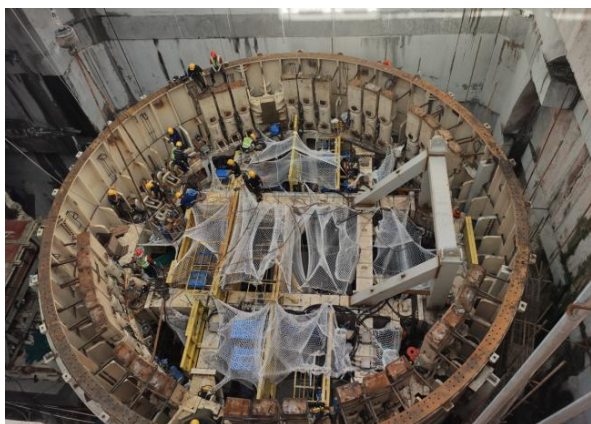


图5 B环、T环井下组装完成图

B环组装完成后, 将其整体吊装下井, 缓慢吊装至T环上方, 随后使T环插入B环中完成主动铰接系统的对接, 然后安装铰接油缸插销, 并将B环、T环固定。

主动铰接系统安装完成后, 在履带吊的配合下, 利用翻身工装将盾体翻转 $90^\circ$ , 使盾体转到始发姿态, 并将盾体放置在始发基座上。至此, 主动铰接系统组装完成。



图6 主动铰接系统翻身完成图

## 四、结论

通过本项目实践, 对于配备主动铰接系统的超大直径盾构机, 主动铰接系统采用整体式与分体式结合的现场组装方式是可行的。相对与其他两种组装方式而言, 本文采用的组装方式施工成本可控, 经济性好, 适用范围广, 且施工风险相对较小, 安全性高, 利于主动铰接系统的安装质量把控, 综合考虑, 该组装方式的整体性价比较高。

本项目盾构机为国内首次配备主动铰接系统的超大直径盾构机, 暂无类似盾构机组装施工经验可供借鉴。后续类似项目可结合项目实际情况, 针对不同的侧重点, 从提高施工的安全性、提高盾构机组装效率、保证主动铰接的安装质量、节约施工成本等不同方面, 做进一步的分析研究, 找到最适合的组装方式。

### 参考文献

[1] 蒲晓波, 陈良武, 赵齐兼, 等. 超大直径盾构机工地组装流程及关键技术[J]. 建筑机械, 2019 (5): 5.

[2] 万鹏举. 大型盾构机吊装技术的应用[J]. 休闲, 2021, 000 (011): P.1-1.

[3] 李超峰. 地铁盾构机吊装技术研究[J]. 工程技术研究, 2019, 4 (8): 2.

[4] 洪伟. 大直径盾构吊装下井及组装施工技术[J]. 云南水力发电, 2019, (z2): 85-89.

[5] 罗元开. 大直径盾构机的组装方法分析及研究[J]. 工程建设与设计, 2019 (14): 2.

作者简介: 平洋, 1990年5月, 男, 工程师, 大学本科, 主要从事盾构施工与盾构设备管理。