

# 盾构机始发井内机电设备布置对土建施工空间的影响分析

曹博文

中交一公局集团第八工程有限公司 天津 河东区 300170

**【摘要】**：研究围绕盾构机始发井内机电设备布置展开，旨在分析其对土建施工空间的影响，以便梳理如何通过优化布置缓解各项影响。综合已有文献研究成果和盾构机始发井内机电设备布置实践可知，井内盾构机机组构成较为复杂，均会提出空间需求。同时，机电设备布置对土建施工空间的影响体现在不同方面，促使影响产生的机制与因素也相对复杂。由此可以得出研究结论，应重视土建施工作业实践中始发井内空间可能受到机电设备布置影响的事实，总结分析影响的表现及产生过程，选取更具针对性的路径缓解各项实际影响，尽量兼顾机电设备布置与土建施工空间。

**【关键词】**：盾构机；始发井；机电设备；土建施工

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.002

## 引言

对于城市地下空间开发而言，盾构法作为核心技术具备显著的优势，诸如安全、环保和高效等，在地铁或综合管廊等重大工程中的实际应用已经较为广泛。在盾构机掘进作业中，始发井属于关键节点，需吊装主机，集成设备并拼装管片，始发井内设计的合理性将会直接决定整体的盾构法施工质量。始发井内空间较为有限，而盾构机的机电设备越发密集已成大势所趋，井内机电设备布置可以产生的影响逐渐显著。如布置不当，将会对土建施工空间产生多方面的不利影响，因而应当对此引起高度重视，从集成化设计、动态化组织管理以及创新技术等维度出发，尽量缓解各项具体影响。

## 1 盾构机始发井内机组构成及其空间需求

为更加全面地分析盾构机始发井内机电设备布置对土建施工空间的影响，应从盾构主机本体及其支撑基座、后配套核心机电系统以及其他辅助机电设备出发，分析机组构成及其空间需求。

### 1.1 盾构主机本体及其支撑基座

盾构机掘进作业如下图所示，其主机可作为核心结构发挥承载作用，最终保证盾构始发的顺利施工<sup>[1]</sup>。在始发井设计中，主机本体空间占用影响较大。如土压平衡盾构机，刀盘和前中尾盾钢结构壳体组成主机本体，直径大多介于6至15米，长度则达8至10米。刀盘直接作用于开挖面，需至少预留1.2米用于检修刀具，同时确保刀盘旋转净空不小于刀盘直径的1.2倍，将会大量占据始发井内的空间。同时，盾体安装需在始发基座上实现精准的定位，基座长度匹配盾体，宽度则应考虑焊接作业需求，需两侧分别预留0.8至1.5米的空间。

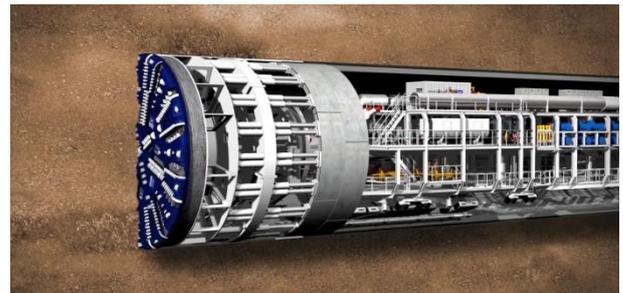


图1 盾构机掘进作业示意图

### 1.2 后配套核心机电系统

分析盾构机结构可知，后配套核心机电系统围绕主机，采用分布式的布局方式，与之紧密形成功能链路。其中，各机电设备均有其空间需求。如推进系统，沿着盾体周向布置液压油缸，单油缸行程达1.5至2.2米，后部泵站也需要占据12m<sup>2</sup>空间。同时，出于确保推力均衡的考量，还需要着重考虑油缸分组布局，确保后方高压油管廊道的宽度不低于0.6米，至少与结构墙相隔0.5米预防振动产生干扰。再如管片拼装系统，旋转半径多介于5至8米，井壁侧需预留220°以上圆心角的扇形净空区域。管片临时堆放区也需尽量与拼装点邻近，每环管片堆高约占据10m<sup>2</sup>，防倾倒支架还需另外占据空间。

### 1.3 其他辅助机电设备

盾构始发井空间受限时，盾构机其他辅助机电设备的空间需求也会对土建施工空间产生一定的影响<sup>[2]</sup>。相较于盾构机主机和后配套核心机电系统，其他辅助机电设备体量更小，而协同参与作业时同样会提出空间需求，从而继续挤占始发井内的剩余有限空间。如门式起重机，轨道梁跨距不仅需要覆盖井口宽度，还需要预留2米作为安全余量，起升高度通常也将大于20米，提出一定的空间需求。再如同步注浆站，注浆泵需要经管路连接至主机尾部，管路则需顺井壁固定，通过确保弯曲半径大于1.5倍管径规避堵管问题。

## 2 盾构机始发井内机电设备布置对土建施工空间的影响

在始发井内，盾构机机电设备布置难免对土建施工空间产生一定的影响，应深入分析影响产生的机制及因素，为由此优化机电设备布置指出更加明确的方向。

### 2.1 对土建施工空间的影响

#### 2.1.1 制约结构施工作业的有序推进

始发井内机电设备布置既会影响盾构机正常始发，也会对土建施工空间产生影响，如制约结构施工作业的有序推进，如施工通道及作业面空间受限制，如可能为安全生产带来更大挑战，再如空间冲突破坏工序之间的衔接<sup>[3]</sup>。其中，制约结构施工作业的影响较为突出。如盾构机主机基座，预埋螺栓对实际的定位精度控制提出较高要求，而始发井底的底板钢筋网层距较小，密集钢筋将至少在空间上与基座锚栓重叠40%。在需要避开基座预埋件的场景下，可能出现截断部分结构主筋增加补强筋的状况，大幅延长单块底板所需的施工周期。后配套机电设备的钢支架还会影响中板施工，以液压站为例，支架立柱可能需要穿透预留的中板空洞，无法在周边完成负弯矩钢筋的布设，若采用钢板焊接补强则需额外增加成本投入。

#### 2.1.2 施工通道及作业面空间受限制

在盾构机始发井内，机电设备及其管线布置将会显著影响施工通道和作业面空间，作用于土建施工过程。一方面是施工通道。如阻断水平施工通道。盾构机后配套机电设备所需管道将会占据一定的环形通道宽度，致使可通行宽度显著小于设计值，大幅降低电瓶车的实际车速，从而影响其运输效率。再如干扰垂直运输。管片拼装机旋转区可能侵占门式起重机吊装区的空间，致使吊装循环时间大量增加。另一方面是作业面空间。可能出现丧失关键作业面的状况，如盾构机主机尾部检修区与管片焊接区产生空间层面的冲突，高温焊渣更有可能致使液压油管的防爆膜发生破裂。再如临时性堆放注浆管造成空间挤占，激光导向系统靶标安装对无遮挡视野区的需求将无法满足。

#### 2.1.3 可能为安全生产带来更大挑战

在盾构始发井狭小的情况下，始发井内的盾构机机电设备布置产生空间影响后，还会对土建施工安全产生一定的冲击<sup>[4]</sup>。机电设备在井内的布置较为密集，将会在多个方面威胁安全生产。一是难以依照规范确保安全距离。如规范要求高压配电柜的绝缘距离不可低于1.2米，而井内间距较小，很难依照规范设置，致使人员触电风险大幅上升。如规范要求应为液压油管设置隔离区，以防触碰高温表面引发烫伤，而实践中井内有限空间引发烫伤事故的频次明显较高。二是可能堵塞消防通道。如螺旋输送机的延伸段可能占据始发井内的部分消防通道，实际通行宽度远低于设计数值，可能显著延长紧急情况下

疏散所需的时长。三是难免引发交叉作业风险。如井壁注浆和管片拼装同步作业，人员密度偏高易引发机械伤害事故发生概率升高的风险。

#### 2.1.4 空间冲突破坏工序之间的衔接

在盾构机始发井内，机电设备布置对土建施工空间的影响很多情况下均表现为空间冲突，还有可能对土建施工不同工序之间的衔接产生多种不利影响。首先，空间冲突可能致使后续工序需要等待，从而在施工过程中引发链式延迟现象。如拼装机旋转作业期间，门机吊装需要出于避让目的而暂停作业，有概率致使钢筋绑扎同步停止作业，进而大幅延缓土建施工整体的进度。其次，空间冲突还会催生物料二次运输需求。如管片堆积区与拼装区超出规范建议的情况，二次倒运作业将不可或缺，产生额外的运输成本，对施工成本控制产生冲击。最后，空间冲突还会对设备维护产生影响，有限操作空间难免显著延长设备单次维护所需投入的时间，更有可能在作业出现故障。

### 2.2 影响产生的机制及因素

受施工现场场地限制，盾构机始发井内机电设备布置难免对土建施工空间产生上述多种影响，应增强对其中机制及影响要素的分析<sup>[5]</sup>。一方面是影响机制。在水平层面，井内机电设备的平面布置可直接决定通行流线和作业区划分。在垂直层面，机电设备的高度及其所需管线的架设，均会对净空产生影响。在三维层面，设备运行、人员活动、物料运输等均有可能在时间轴上遭遇空间交叉引发的冲突。另一方面是影响要素。如设备特性。尺寸、关联性、运行方式和安全维护等均是设备特性相关要素，均会对井内土建施工空间产生影响。以管片拼装机为例，设备特性作为影响要素作用于土建施工空间的具体方式可参照下表。

表1 后配套机电设备管片拼装机对土建施工空间产生的影响

影响维度	设备或规范要求	空间占用	对土建施工影响
核心作业区	旋转半径 7.2m	12m 圆形井面积 35% 占用	混凝土泵车无法进入，边缘浇筑致效率降 40%
安全隔离区	运动部件周边 1.5m 内禁入	有效作业面减少 28%	钢筋绑扎分区分段
管片缓存区	管片堆高 小于两层	1.5m 宽管片每环占地 12m <sup>2</sup>	与门机吊装区冲突，单环管片二次转运额外耗时 25 分钟

## 3 盾构机始发井内机电设备布置对土建施工空间影响的缓解路径

考虑到机电设备布置可能产生影响，应着重关注实际影响的缓解，优先以集成化设计实现空间规划精细化，在根据施工过程保持动态化组织管理的基础上，引进创新技术缓解设备布置的影响，更加科学地选取路径缓解实际影响。

### 3.1 以集成化设计实现空间规划精细化

为缓解盾构机始发井内机电设备布置对土建施工空间产生的实际影响,应侧重于降低盾构始发条件限制,优化设计<sup>[6]</sup>。主要可以关注集成化设计,由此精细化规划井内有限的空间。如可深度应用建筑信息模式技术,使用专业软件整合必要信息构建模型,模拟分析机电及土建相关所有专业的作业全过程,事先检测作业中是否会出现碰撞风险,基于检测结论分析,针对性优化井内机电设备的选型,同时从定位和配套管线布线出发,通过设计规划缓解机电设备布置对土建施工空间产生的影响。再如可以将模块化与集成化设置标准,通过优先选用紧凑型设备减少分散设备对井内空间的占用,同时应确保设备所需的辅助支架可拆卸可移动。

### 3.2 根据施工过程保持动态化组织管理

在实际的土建施工阶段,施工过程处于动态变化中,还可通过保持动态化组织管理实现布置优化,减缓始发井内机电设备布置可能对施工空间产生的影响。一是可以同样善用建筑信息模型,定时基于现场土建施工情况采集数据,将其输入专业软件内现有的建筑信息模型,由软件自动生成有利于动态化组织管理的参考建议,实现精细化的土建施工过程管理,在现有机电设备布置和井内有限空间内有序推进土建施工。二是可以重点关注施工组织和工序设计,通过实现工序错峰推进,确保空间需求较大的多种工序顺利落实,同时还可以分析堆场管理

和物料运输计划是否切实,实事求是地予以优化。

### 3.3 引进创新技术缓解设备布置的影响

为缓解始发井内机电设备布置对土建施工空间的影响,还可跟进并引入多种创新技术手段积极探索,克服狭小空间盾构始发的难题<sup>[7]</sup>。如构建智能物流系统,技术原理在于通过同步定位和井内地图实现智能化导航,自动导引运输车集群完成物料调度目标。构建该系统后,可以省略传统的固定轨道与掉头区,在一定程度上释放井底遭到占用的部分空间。同时,该系统采用嵌入井壁的充电装置,替换地面充电站也可节约水平空间占用。另外,系统可应用动态路径算法,智能化规避土建施工密集区域,大幅度减少实际可能出现的交叉干扰。

## 4 结语

综上所述,为实现盾构机主体及其后配套机电设备的布置,需要大量占用始发井内的有限空间,难免在土建施工中带来空间层面的严重限制。研究表明,盾构机主机属于大型钢结构,同时会提出精确定位基座的需求,而盾构机的后配套机电设备布置也将构成密集网络,共同促成了大量占用空间的局面,对土建施工产生影响。实际的影响体现在多个方面,诸如结构施工、人员通行及作业面、安全生产,破坏工序衔接等,均不利于土建施工作业的推进。因而应明确分析始发井内机电设备布置影响土建施工空间的机制与因素,通过优化机电设备布置缓解土建施工可能受到的影响。

## 参考文献:

- [1] 朱静园,孙宁,张发亮,等.复杂环境下狭小空间盾构侧向平移分体始发施工技术[J].安徽建筑,2025,32(3):46-48.
- [2] 于天煜,刘清华.受限空间内盾构三阶段分体始发施工技术研究[J].建筑施工,2024,46(11):1855-1860.
- [3] 黄旭.盾构机在小尺寸、大埋深工作井始发技术[J].传动技术(中英文),2024,38(2):47-52.
- [4] 汝俊起,夏鹏举,干聪豫,等.富水砂卵石地层泥水盾构分体始发施工技术研究[J].水利水电技术(中英文),2022,53(S2):180-187.
- [5] 马红兵.狭小综合井盾构双向分体始发施工技术研究[J].现代城市轨道交通,2022,(S2):125-129.
- [6] 李作仁,周胡蒙,金立.小净空、上软下硬地层盾构始发技术研究[J].城市道桥与防洪,2022,(3):172-176.
- [7] 宋阳春.始发井长度不足情况下盾构机分体始发技术研究[J].低碳世界,2021,11(2):175-176.