

## On Soil Pressure Balance Shield Construction Supervision Control

Youhong ZHU

Ningbo gaozhuan construction supervision co., LTD. Ningbo, zhejiang, 315100

### Abstract

With the development of social economy, the urban population increases and the scale becomes larger. The existing urban traffic can no longer meet the needs of urban development. Economically developed cities gradually build underground engineering.

Shield tunneling has been paid more and more attention in the underground engineering construction. The key points controlled by our project supervisors are the installation, starting, tunneling and receiving of shield tunneling machine before the construction of shield tunneling. Inside and outside the shield underground installation of shield machine assembly welding quality, is the top priority in the range of shield tunnel, and will affect the quality of the shield interval, the early stage of the shield machine research and development production, of course, it is also an important quality related personnel control, such as the construction of control, will surely give rise to the surface uplift or subsidence, segment fracture consistent molding tunnel leakage seepage is serious, the relevant consequences will cause the quality problem of the tunnel, and ultimately affect the service life of the underground tunnel.

### Key Words

Shield Installation, Initiation, Tunneling, Receiving, Shield Segment Rupture Risk Control

DOI:10.18686/xdjt.v1i2.445

## 关于土压平衡盾构施工监理控制的要求

朱佑洪

宁波高专建设监理有限公司, 浙江宁波, 315100

### 摘 要

随着社会经济的发展城市人口增多、规模变大现有的城市交通已经不能满足城市发展的需要、经济发达的城市逐步修建地下工程, 轨道盾构施工技术普遍应用于地铁工程中。

盾构在地下工程施工中越来越得到重视, 盾构施工前盾构机的安装, 始发、掘进、接收等施工时我们工程监理单位控制中的重点。其盾构井下安装中盾构机内外拼装焊接质量, 是在盾构隧道区间中重中之重, 并将影响盾构区间的质量, 当然盾构机前期的研发制作也是相关人员控制的重要质量, 如施工中控制不妥, 必将产生地表隆起或下沉, 管片破裂一致成型隧道漏渗严重, 其相关后果必将造成隧道的质量问题, 并最终影响地下隧道的使用寿命。

### 关键词

盾构安装; 始发; 掘进; 接收; 盾构管片破裂风险控制

### 1.盾构始发(出洞)阶段

盾构始发阶段是控制盾构掘进施工的首要环节

在盾构始发前、后各项准备工作中监理工程师需监督承包单位做好充分的技术、人员、材料、设备准备, 并对盾构是否具备始发条件予以审查, 确保盾构在安全可靠的前提下能顺利始发。

### 1.1 盾构出洞土体加固

为了确保盾构始发施工的安全和更好地保护附近的地下管线和建(构)筑物, 盾构出洞前需对出洞区域洞口土体进行加固。土体加固的方法较多(如水泥搅拌桩加固和旋喷桩加固等), 但无论采用何种加固方法, 对土体加固的效果检验始终应作为监理工程师重点控

制的内容之一。在确保加固效果满足设计要求前提下,才能同意盾构始发,否则应督促承包方及时采取补救措施。

针对土体加固我们监理人员应重点关注以下三方面:

- (1)加固土体与地墙间隙封闭
- (2)加固土体的强度
- (3)加固土体的均匀性

### 1.2 盾构始发基座设置

盾构始发前需将盾构机准确的搁置在符合设计轴线的始发基座上,待所有准备工作就绪后,沿设计轴向地层内掘进施工。因此,盾构出洞前盾构始发基座定位的准确与否,直接影响到盾构机始发姿态好坏。监理在检查盾构始发基座时,应重点复核以下内容:

- (1)洞门位置及尺寸

在基座设置前,监理测量人员应采用测量工具对洞口实际的净尺寸、直径、洞门中心的平面位置及高程进行复核。

- (2)盾构始发基座位置

盾构始发基座的设置依据不仅包括洞门中心的位置、还包括设计坡度与平面方向。在始发基座设置完毕,为确保盾构机能以最佳的姿态出洞。监理测量人员应复核基座顶部导向轨的位置(平面位置及高程),确保盾构搁置位置和方向满足设计轴线的要求。

### 1.3 盾构机及后配套设备井下验收

盾构法隧道施工主要依靠盾构掘进机及配套设备完成掘进任务,由于受工作井内空间限制,需将盾构机及后配套台车分节吊装运至井下,并在井下安装、调试和试运转。土压平衡式盾构机及后配套设备构成主要由盾构壳体(包括刀盘及切口环、支撑环、盾尾)、推进系统、拼装系统、油脂润滑系统、监控系统等组成。监理在井下验收工作中的重点是对盾构机及后配套设备主要部件和系统检查和核对,并对试运转情况进行见证,在验收合格前提下可批准盾构机及配套设备投入使用。

以下为本工程以日本石川岛φ6340土压平衡式盾构机为例,对盾构机井下调试、验收项目作一介绍管控。

验收项目	验收内容	验收要求
外观验收	1 刀具	数量齐全、刃口完好、安装正确
	2 焊缝	焊缝均匀饱满,无缺陷
	3 外形尺寸	盾构外壳长度和直径符合要求
	4 尾刷	排列整齐有序
	5 电气设备	内外清洁,电缆无破损和油污
调试验收	1 刀盘转速	正转和反转满足要求
	2 超挖刀	数量和行程满足要求
	3 推进千斤顶	数量、行程、油压、伸缩时间满足要求
	4 螺旋输送机	转速、油压、闸门开关满足要求
	5 拼装机	回转角度和速度满足要求
	6 注浆系统	满足正常使用(用水替代)
	7 盾尾油脂	满足正常使用
	8 双梁葫芦	走行和起升构件正常,满足正常使用
	9 皮带机	启动和停止正常,满足正常使用
	10 泡沫系统	喷出正常
	11 电气系统	仪器仪表显示、漏电开关保护、警报系统等能正常使用

### 1.4 后盾支撑系统安装

盾构前进的动力是通过千斤顶来提供,而盾构始发

时千斤顶顶力是作用在盾后支撑系统之上。一般后盾支撑体系是由钢反力架、钢支撑、临时衬砌(负环管片)

等组成, 监理在监督过程中应重点关注后盾支撑系统是否满足其技术要求, 即后盾支撑系统必须有足够的刚度和强度, 确保在顶力作用下不发生变形。

### 1.5 洞门围护结构凿除(始发侧)

地铁盾构法隧道施工一般以车站主体结构两端端头井作为盾构始发井和接收井。盾构在始发前需对始发井出洞侧洞口围护结构进行分次凿除, 一方面清除盾构出洞前障碍, 另一方面第一次凿除围护结构后通过打探孔可进一步直观的观察盾构出洞土体加固的效果。监理在洞门围护结构凿除后应对其后土体自立性、渗漏等情况进行观察, 判断出洞区域土体的实际加固效果是否满足盾构安全始发的要求。

### 1.6 盾构始发(出洞)装置安装

由于隧道洞口与盾构之间存在建筑间隙, 易造成泥水流失, 从而引起地面沉降及周围建筑物、管线位移, 因此需安装出洞装置。一般包括帘布橡胶板、圆环板、扇形板及相应的连接螺栓和垫圈等。监理应重点对帘布橡胶板上所开螺孔位置、尺寸进行复核, 对出洞装置安装的牢固情况进行检查, 确保帘布橡胶板能紧贴洞门, 防止盾构出洞后同步注浆浆液泄漏。

### 1.7 盾构始发出洞

盾构出洞准备工作就绪后, 为减少正面土体暴露时间, 盾构从始发基座导轨上应及时向前推进, 使盾构切口切入土层直至盾构壳体进入洞口的过程称为“盾构始发出洞”。该关键环节监理工程师应进行旁站监督, 并重点做好以下工作:

- (1)观察割除围护结构迎水面钢筋后盾构机应迅速靠上洞口正面土体。
- (2)观察盾构出洞期间洞口有无渗漏的状况, 发现洞口渗漏督促承包单位及时封堵。
- (3)检查前仓土压力设置是否合适, 观察土仓有无砼块, 发现后督促承包单位及时清除。
- (4)第一环正环拼装前检查最后一环负环管片的拼装位置。
- (5)检查千斤顶使用状况, 防止盾构出洞后出现姿态“上浮”现象。

## 2. 盾构试掘进和正式掘进阶段

根据盾构法施工工艺的特点, 盾构安全出洞后需通过前 100 环试掘进寻求最佳施工参数, 为全线的正常推进提供符合实际土层特点的技术参数。不论在试掘进还是正式掘进阶段, 监理可以通过观察盾构机控制室内仪器仪表显示的数据、审查承包单位上报的盾构掘进施工报表、通过监测数据分析隧道及地面沉降情况等手段进行动态监控, 及时掌握和分析施工技术参数变化, 检查盾构掘进中的姿态、管片拼装的质量、注浆作业的效果等, 督促承包单位采取相应的措施确保盾构掘进施工质量和周边环境的安全。

### 2.1 盾构机施工参数管理

由于土压平衡式盾构采用电子计算机控制系统, 能自动控制刀盘转速、盾构推进速度及前进方向, 并及时反映掘进中的施工参数。这些施工参数的确定是根据地质条件情况、环境监测情况, 进行反复量测、调整和优化的过程, 若发现异常需及时调整。因此, 对盾构施工参数的管理应贯穿于盾构掘进过程的始终。监理在监督过程中可通过审查承包方施工报表, 观察盾构机控制室内监控设备等手段, 及时收集和分析有关施工参数的信息, 通过信息反馈, 动态掌握施工参数的变化。盾构机监控系统能反映的施工参数很多(如土压力、刀盘油压和转速、盾构掘进速度等), 对于这些施工参数的管理监理在工作中应重点关注以下几项:

- 1) 土压力
- 2) 出土量
- 3) 掘进速度
- 4) 千斤顶推力

### 2.2 盾构掘进姿态控制

所谓盾构姿态具体是指盾构掘进中现状空间位置(包括高程和平面位置)。盾构姿态控制就是将盾构轴线控制在与设计允许偏差范围内。盾构姿态控制的好坏, 不仅关系到盾构轴线是否能在已定的空间内在设计轴线允许偏差内推进, 而且还影响到后续工序管片拼装的质量(只有盾构掘进姿态控制在允许误差之内, 才能确保管片拼装能在理想的位置)。因此, 在盾构掘进阶段对盾构姿态的控制始终应做为监理人员监督的重中之重。根据《地下铁道工程施工及验收规范》规定“盾构掘进中应严格控制中线平面位置和高程, 其允许偏差均为 $\pm 50\text{mm}$ , 发现偏离应逐步纠正, 不得猛纠硬纠”。监理在实施对盾构姿态控制时, 应严格以规范要求为控制准则。监理在工作中针对盾构姿态的控制, 首先应熟

悉和掌握设计线型要求,即隧道平面曲线和竖曲线的线型情况(包括里程、长度、坡度、半径等),其次还应重点监控以下内容:

- 1) 盾构姿态测量数据
- 2) 盾构纠偏量

### 2.3 管片拼装控制

根据盾构法施工工艺管片成环的特点:管片是盾壳的保护下在盾尾拼装成环形成隧道的。

它是盾构法施工的关键工序,管片拼装的质量好坏直接影响到隧道结构的安全和使用功能。因此,为确保管片拼装的质量满足设计和规范的要求,监理应重点抓好以下环节:

- 1) 管片制作监控
- 2) 管片进场检查
- 3) 管片拼装前检查
- 4) 管片成环后检查

### 2.4 注浆作业监控

盾构法工艺施工隧道,由于盾构壳体与拼装管片之间存在“建筑空隙”,如不及时填充,势必产生土层扰动变形,造成地面变形(严重的危及到地面建筑和地下管线的的安全使用)或隧道结构变形。注浆作业是盾构法隧道施工控制地面和隧道结构变形主要技术措施之一,通过压浆填充“建筑空隙”控制变形量。施工中的注浆工艺分为同步注浆、衬砌后补注浆,无论采用哪种工艺,监理在监督过程中应通过分析监测资料(以控制地面和隧道结构变形为原则)、审查拌制和注浆施工记录、对每作业班拌制注浆液试块制作见证送检等手段来综合分析注浆作业的效果,判断注浆作业是否达到控制变形的成效,并重点监督浆液配合比、注浆量、注浆压力等主要技术指标。

## 3.盾构接收(进洞)阶段

盾构接收(进洞)阶段掘进是盾构法隧道施工最后一个关键环节。盾构能否顺利进洞关系到整个隧道掘进施工的成败。在盾构进洞前后监理工程师需监督承包单位做好充分的盾构接收的准备工作,确保盾构以良好的姿态进洞,就位盾构接收基座上。

### 3.1 盾构进洞土体加固

盾构进洞区域土体加固一般与出洞区域土体加固是同时进行,对盾构进洞土体加固效果的检验可参照对盾构出洞土体加固。

### 3.2 盾构接收基座设置

盾构接收基座用于接收进洞后的盾构机,由于盾构进洞姿态是未知的。在盾构接收(进洞)前监理仍需复核接收井洞门中心位置和接收基座平面、高程位置(一般以低于洞圈面为原则),确保盾构机进洞后能平稳、安全推上基座。

### 3.3 进洞前盾构姿态监控

在盾构进洞前100环监理对已贯通隧道内布置的平面导线控制点及高程水准基点做贯通前复核测量,是准确评估盾构进洞前的姿态和拟定进洞段掘进轴线的重要依据。监理复核数据应通过与承包方复核数据的比较,分析误差是否在允许偏差之内,从而正确的指导进洞段盾构推进的方向。

### 3.4 洞门围护结构凿除(接收侧)

盾构进洞前需对接收井内围护结构背水面钢筋进行割除及砼凿除,通过打探孔实际验证盾构进洞区域土体加固的效果。监理在洞门围护结构凿除后同样需对其后土体自立性、渗漏等情况进行观察,判断进洞区域土体的实际加固效果是否满足盾构安全进洞的要求,否则应督促承包方采取补救措施。

### 3.5 盾构接收进洞

盾构接收(进洞)准备工作就绪后,盾构机向前推进,在前端刀盘露出土体直至盾构壳体顺利推上接收基座的过程称为“盾构接收进洞”。该关键环节监理应进行旁站监督,并重点做好以下工作:

- (1)观察进洞洞口有无渗漏的状况,发现洞口渗漏督促承包单位及时封堵。
- (2)督促承包方及时安装洞口拉紧装置,并检查其牢固性。

总之,盾构法隧道工程是一项综合性施工技术,通过多年来前人的不断摸索和实践已经形成了一套比较成熟的施工技术,尤其是近年来在中国各城市地铁建设中得到了广泛的应用,盾构法施工技术也在原有的基础上不断的发展,并取得了可喜的成绩。这些都对监理人员的素质提出了更高的要求,更需监理人员通过不断学习和实践,熟悉这些相关的施工技术,掌握盾构法隧道施工质量监控重点及相应的对策,才能为今后盾构法隧道施工质量、施工安全提供有力的监督管理。

## 4.盾构施工过程中出现的管片开裂、原因分析及应对措施

### 4.1 管片开裂

盾构掘进施工过程中隧道管片在盾构机千斤顶反作用力及同步注浆压力和周围土体的压力作用下部分管片出现裂缝裂缝的位置主要位于隧道中部以上其中隧道拱顶占多数。管片裂缝为纵向裂缝有两种类型:

#### 前开裂

裂缝从管片前端开裂并向后延伸,主要集中在隧道拱顶位置。

#### 后开裂

裂缝从管片后端开裂并向前延伸,此类裂缝主要在隧道的两腰部位或偏上位置。

### 4.2 开裂的原因分析

盾构隧道管片为钢筋混凝土结构其开裂主要为受力不均或受力过大所造成。在施工过程中,管片的受力状态与设计所考虑的不完全一致盾构机掘进过程中管片承受着千斤顶顶力盾尾密封刷的作用力和衬砌背后注浆的浆液压力等在这些荷载的相互作用下使盾构管片出现了不同的受力特征。通过对现场观察了解结合其它地铁工程中的经验造成管片出现上面开裂现象主要原因可能有:

#### 4.2.1 盾构机千斤顶总推力较大

作用于管片上的力是造成管片开裂的最基本因素其中盾构推进过程中总推力过大是致使管片开裂的最直接原因。目前,本项目地铁盾构隧道施工中,淤泥质粘土层中总推力为 9000~15000kN;淤泥质粉砂粘土层中总推力为 12000~19000kN,当总推力过大时,对于养护不好并且配筋小的管片则有可能开裂。

#### 4.2.2 管片环面不平整

造成管片环面不平整主要有:管片制作精度误差管片纠偏时贴片不平整;盾构机推进时各区的千斤顶推力大小不等管片之间的环缝压缩量不一致等原因。因管片环面不平整盾构机千斤顶作用于管片上将产生较大的劈裂力矩造成管片开裂。

#### 4.2.3 千斤顶撑靴损坏或重心偏位

盾构机通过千斤顶作用于管片上向前掘进.在千斤

顶与管片接触处设置撑靴以减少管片压力,撑靴损坏后管片局部压力增大造成管片损坏或出现裂缝。

在盾构掘进过程中已拼装的管片中心线与盾构机本身的中心线重合为理想状态但在实际施工中两条轴线存在偏差千斤顶的中心没有作用在管片环的中心上,造成管片偏心受压。

#### 4.2.4 盾构机姿态控制与线路曲线段不匹配

管片是在盾构机尾部内进行拼装,拼装完成后隧道管片在盾构机内部的长度约为 2.3m 管片外侧的空隙为 7cm,盾构机在曲线段掘进时盾构机的姿态变化与管片的姿态变化不一致,盾尾密封刷挤压管片造成开裂。

### 4.3 管片开裂应对措施

从现场观察分析,造成管片开裂的原因不是单一存在的而是几种原因集中在一起,因此在防止发生管片开裂的措施要综合考虑。

针对上述原因需从以下几个方面采取措施:

(1) 盾构机在砂层掘进时,应加注泡沫剂,防止土仓内积“泥饼”减小推进扭矩和总推力同时防止推进速度过快。

(2) 严格管片制作时的质量控制,减少管片的制作精度误差。在施工过程中保证贴片位置的准确性盾构掘进完成后,检查上一环管片的环面平整度。

(3) 检查千斤顶撑靴对出现损坏的及时更换。

(4) 盾构掘进时严格控制盾构机的姿态特别在曲线段盾构机应缓慢掘进控制盾构机的每环纠偏量,防止盾构机轴线与隧道管片的轴线间的夹角过大和管片四周盾尾间隙不均匀。

## 5.结束语

本文通过对隧道管片在盾构机安装、始发掘进接收及掘进施工时产生裂缝原因的分析及相应的对策对指导工程监理人具有重要意义。

## 参考文献

- [1]周文波.盾构法隧道施工技术及应用.中国建筑工业出版社(2004版)
- [2]刘建行.盾构法隧道施工.中国建筑工业出版社
- [3]程成.盾构施工技术.上海科学技术文献出版社
- [4]盾构掘进隧道工程施工与验收规范.GB50446-2017

[5]地下防水工程质量验收规范.GB50208-2011

[6]地下隧道工程施工及验收规范.GB50299-1999 (2003版)

[7]轨道交通盾构隧道工程施工质量验收标准.QGD-008-20050901

[8]建设工程监理规范.GB50319-2013

[9]宁波市轨道交通2号线土建工程 TJ2109 标施工组织设计.施工方案及监理实施细则

[10]日本石川岛φ6340 土压平衡盾构机设计尺寸及相关技术参数