

# 盾构施工安全技术

孙金龙 黄国武 闫俊达 蒋杰

广州新珠工程监理有限公司 广东广州 510510

**摘要:** 目前盾构施工遍布于全国多个领域和各个行业,如:轨道交通、城市管廊、水利水电工程、铁路工程等。国内盾构掘进施工现阶段仍处于高速发展期,同时盾构施工也属于高风险作业,在实施过程中会存在较大的安全隐患,施工过程中只有按照客观规律对工程地质、施工环境、施工工艺、设备性能等危险因素进行分析、评价,制定可靠的安全技术措施,才能减少事故隐患,保障盾构施工作业安全。

**关键词:** 盾构施工;安全隐患多;制定技术措施;保障施工安全

## Safety technology of shield construction

Jinlong Sun, Guowu Huang, Junda Yan, Jie Jiang

Guangzhou Xinzhu Engineering Supervision Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong, 510510

**Abstract:** At present, shield construction is all over the country in many fields and various industries, such as rail transit, urban management corridor, water conservancy, hydropower engineering, railway engineering, and so on. Domestic shield tunneling construction is still in the stage of rapid development. At the same time, shield construction is also a high-risk operation, and there will be great security risks in the implementation process. In the construction process, only by analyzing and evaluating the risk factors such as engineering geology, construction environment, construction technology, and equipment performance according to objective laws, and formulating reliable safety technical measures, can the hidden dangers of accidents be reduced and the safety of shield construction work be guaranteed.

**Keywords:** Shield construction; More security risks; formulate technical measures; Ensure construction safety

### 前言:

随着国家基础设施的不断完善,社会经济水平的不断提高,盾构施工广泛应用在地铁、城市管廊、水利水电、铁路、交通等各领域。盾构施工为提高城市基础设施建设和改善人民生活起到了重要的推动作用。同时,盾构施工也存在着较大的施工安全风险,近年来在城市轨道交通、过江(河)隧道、水利水电等工程中曾发生了多起盾构施工安全事故,有的甚至造成重大人身伤亡,事故教训十分深刻。做好盾构施工的安全管理是每个项目和人员义不容辞的责任,只有在施工过程中提高安全意识,加强安全生产技术管理、完善教育培训制度、保证生产安全投入,将事故隐患消灭在萌芽之中,控制安全事故发生。

### 一、盾构施工安全管理重要性

盾构施工是一种地下暗挖施工,大部分城市处于平

原与盆地,在浅埋层中很少见到高强度的岩层,尤其是沿海地区如:广东、福建、浙江、天津等地区,多年形成的淤积、软弱地层普遍存在,复合地层随处可见,像广州、深圳等经常遇到上软下硬的复杂地层,还有常见的穿越江、河、湖、海;断层裂隙;公路、铁路、桥梁;民宅、厂矿企业;线塔、管线等相关构筑物。给施工带来了极大的风险和安全隐患。近年来盾构施工的安全事故案例时有发生,教训深刻,值得每个从业者深思。

针对复杂的地质条件和不利施工环境,如何保证施工安全,避免安全事故发生尤为重要。首先要有超前的安全管理意识,要有科学合理的技术措施,要有较高的安全管理水平,要有足够的安全费用投入进行配合实施,才能实现盾构施工生产安全管理目标。

### 二、盾构施工安全管理重点

#### 2.1 盾构施工地面作业安全重点

盾构施工主要为地下暗挖施工和暗挖前的地面辅助作业施工,而且多数地面辅助作业会持续到整个工程结

**作者简介:** 孙金龙(1965—5),男,汉族,河北沧县人,高级工程师,长期从事水利水电施工与管理工作。

束为止。因此,地面施工安全管理是不可忽略的重要环节,盾构施工的地面安全管理重点主要包括:围护结构施工、起重吊装、高处作业、施工用电、交通安全、安全监测、防洪度汛等。

### 2.2 盾构施工地下暗挖安全重点

盾构施工的主要工作面处于地下暗挖环节,地下暗挖施工的特点就是隐蔽性强,地质结构、岩土性质、地下水位、断层带、有害气体等均处于隐蔽部位,给施工安全管理带来了极大困难。地下暗挖施工安全管理的重点主要包括:工作井开挖支护、盾构机安拆、反力架安拆、负环安拆、洞门破除、涌水涌泥、渣土超排、轨道运输、开仓换刀、特种设备安装使用、穿越江(河)、断层破碎带、公路、铁路、建构筑物、线塔管线等。

## 三、盾构施工安全管理与技术措施

### 3.1 安全组织机构管理

健全安全管理组织机构是一项规范性工作,一个强有力的安全组织机构能够合理统筹整个工程安全管理工作,能够突出重点、覆盖全面地开展安全工作。但实际工作中相当数量的安全组织机构是一个松散组织,从人员配置的数量和质量方面存在着诸多问题,尤其是施工企业专职安全管理人员配置不足,安全管理人员专业知识缺乏,安全管理水平不高,难以胜任大型或错综复杂的施工项目。因此,安全管理组织机构很重要,他是安全管理工作的中枢神经,建立、健全高效的安全组织机构势在必行。

### 3.2 盾构施工安全技术管理

由于盾构施工设备不断更新换代,施工工艺不断改进更新,地质条件和施工环境错综复杂,采用科学、合理的安全技术措施从源头解决安全问题十分关键。要从设计阶段加强地质勘探准确,做到结构设计计算可靠,在盾构机设备选型方面结合工程实际情况确定,避免盲目使用不符合地质水文环境的盾构机。施工前要做好施工方案的编制、审核(论证)和批复,进行针对性的安全技术交底,施工工艺要符合技术方案要求,必要时进行现场试验,发现问题及时采取措施,充分发挥用技术措施保证生产安全。

### 3.3 盾构施工安全技能管理

盾构掘进施工在国内各领域得到了普遍应用,同时熟练掌握盾构机高水平的操作司机比例不高,盾构施工安全很大程度上来源于盾构机掘进的控制环节,如盾构掘进总推力控制、掘进速度、最大扭矩力、盾构姿态、渣土超排等各项参数的控制,其中渣土超排会给安全施工带来严重后果,容易造成地面沉降,隧洞变形和坍塌。因此,盾构掘进操作司机非常关键,高水平的盾构司机

能够对地层条件和施工环境进行分析和研判,综合性、针对性的调整盾构掘进参数,为盾构施工过程安全实行有效控制。

### 3.4 盾构施工信息化安全管理

信息化数据采集逐步应用到盾构施工安全管理上,它可以全方位、全天候的进行安全工作监督和指导。目前有些大型施工项目得到了很好的应用,如珠江三角洲水资源配置工程就将安全信息化管理纳入到日常安全管理的范畴,工程输水线路全长约110公里,从A1标到D2标,共16个标段。从地面到地下,从工作井(共37个工作井)分区到项目部中控室,再从项目部中控室到珠三角工程总控室,都使用了信息化安全管理系统,为施工安全提供了有力保障。

### 3.5 盾构施工安全技术措施

#### 3.5.1 深基坑施工安全技术措施

为使盾构机能够顺利进入地下施工,首先在地面要利用明挖(或暗挖)方式给盾构机创造施工条件。无论是地铁还是城市管廊以及供水管线工程,都会涉及到深基坑施工,深基坑施工存在着基坑周边墙体变形、滑坡、坍塌、高处坠落、涌水涌泥、有害气体等不利作业条件,这些不利条件形成重大安全隐患,对作业人员和设备构成威胁。因此,在施工过程中要针对深基坑施工制定专项安全技术方案并且经过论证,施工前做好技术交底,施工中加强土体支护,安排专职人员进行监督检查,发现问题及时采取措施。

#### 3.5.2 起重吊装作业安全技术措施

盾构施工项目全过程涉及到盾构机拆装、管片材料垂直运输、钢筋模板吊装、混凝土垂直运输等各种吊装作业,起重吊装设备不可缺少。起重设备的门机、履带吊、汽车吊、塔吊等均属于特种设备,特种设备的安装、拆卸要制定专项方案,超过一定规模的专项方案要经过专家论证。在施工中从安装到使用到拆除必须要制定可靠的技术措施,操作人员要进行专业培训持证上岗,方案实施过程中要有监理、施工单位安全管理人员旁站监督实施。

#### 3.5.3 施工用电安全技术措施

盾构施工用电管理十分重要,尤其是大型项目的施工用电容量大,单台盾构机用电量超过2000KW,而且采用10KV高压送电,配电设施品种、数量繁多。因此,施工用电必须做到使用三级配电、二级保护,使用合格的配电柜且上锁,现场电缆线挂设规范,电器设备操作必须持有有效证件,任何人不得擅自接线路和触碰电器设备。

#### 3.5.4 盾构安全监测技术措施

盾构施工安全监测工作必须做实做好,安全监测是

盾构施工安全的眼睛, 这只眼睛不能不用、不能近视、不能闭目, 而且要早看、看清、看准。它能够事先提出施工过程中的异常现象, 能够让管理者有制定应急措施的时间。但在实际工作中, 由于对监测工作的重视和认识程度不足, 往往忽视和放松安全监测工作的管理而导致生产安全事故, 所以加强日常安全监测技术管理是保证施工安全重要基础。

### 3.5.5 盾构机反力架安装安全技术措施

盾构机始发前要安装盾构反力架, 为盾构机提供反向支撑力而进行掘进施工。盾构机的工作总推力能够达到3000吨以上, 开始掘进也要达到600-1000吨, 所以反力架安装牢固是保障盾构机始发安全的重要基础, 国内相关工程中反力架上浮、偏移、弯曲变形、破坏等案例较多, 经验教训深刻。反力架制作安装必须要有技术人员进行受力计算, 采用合格的材料和焊接工艺, 使用前要经过检验、检测和联合验收。

### 3.5.6 负环安装安全技术措施

为配合盾构掘进, 在洞门外要利用安装负环为液压千斤顶提供支撑点与反作用力, 负环安装要求精度高, 混凝土负环管片重量大, 常用门机或履带吊进行吊装, 存在高处作业、特种设备作业情况, 作业前要制定负环安装、拆除的施工技术方案, 做好施工安全技术交底, 过程中安排专职安全员现场监督, 负环安装后用钢丝绳和垫块固定牢固。

### 3.5.7 洞门破除安全技术措施

盾构掘进开始要进行洞门破除, 但洞门破除存在较大安全隐患, 一是洞门墙混凝土强度高而且里面有玻璃纤维筋或钢筋, 二是洞门处由于地质条件因素经常会出现涌水涌沙现象, 也有涌水涌沙量大将反力架推出的工程实例。所以, 在洞门破除前必须要结合实际情况对隧洞端头进行灌浆和加固, 加固范围要满足盾构始发要求, 灌浆质量要符合设计要求, 同时安装好洞门止水帘布, 适当增加钢环止水刷和盾尾止水板, 防止出现大量喷涌现象。

### 3.5.8 渣土超排安全技术措施

盾构出渣平衡是施工安全的基础保障, 就是开挖断面的设计渣土量和螺旋机(皮带机)运出渣土数量要平衡, 目的是防止出现超排现象而导致隧洞超挖、变形坍塌等安全事故。在盾构机上安装电子称重装置, 对每一环的设计出渣量和实际出渣量进行统计、分析, 目前由于技术方面的缺陷, 盾构出渣称重装置精度误差较大, 所以加强值班技术人员和盾构司机的责任心非常重要。

3.5.9 穿越江河湖海、断层破碎带、路桥线塔管线、建构筑物等安全技术措施

盾构施工无论在内市还是在野外, 经常会遇到穿越江、河、湖、海和桥梁、断层破碎带、铁路、公路、民宅、厂房、电线塔、管线等现象, 尤其是沿海和经济发达地区更为突出。当穿越建构筑物时无论是深埋还是浅埋隧洞, 由于受地质水文条件的影响盾构掘进时会对周围地层产生扰动, 造成安全隐患, 在盾构穿越这些地段时要制定安全技术措施, 加强地面、地下安全监测工作, 提高同步注浆和二次注浆质量, 必要时要进行连续全环二次注浆, 以加强止水效果, 提高隧洞岩土强度, 保证隧洞结构稳定。加强对盾构司机的技术培训, 遇有断层破碎带和不良地质段时要与设计单位共同研究、制定安全技术措施, 保证顺利通过断层。

### 3.5.10 盾构开仓换刀安全技术措施

盾构开仓换刀是盾构施工的常见工作, 开仓换刀分为常压开仓和带压开仓, 当地质条件好, 土体强度高、结构完整、含水量少时, 一般采用常压开仓。在地质水文条件复杂, 土体软弱、结构松散、透水性强等地段一般采用带压开仓, 为保证安全带压开仓前要对地层进行加固和施作泥膜, 在盾构机尾部做灌浆封堵环, 进仓作业人员要经过专业培训合格。要组织专家对开仓方案和开仓条件进行论证, 监理单位要组织对开仓条件进行验收, 开仓过程中按照规范进行加、减压时间, 严格控制仓内作业时间, 加强仓内通风和气体检测。常压开仓安全风险相对较低, 但也要参照带压开仓的程序和要求实施。

## 四、盾构施工安全管理展望

盾构施工目前处于快速发展阶段, 随着盾构设备和施工技术的不断更新和发展, 盾构施工安全保障也会得到明显增强。国内盾构机制造技术在不断创新、突破, 近年来相继制造生产了世界一流的大型、多用途盾构机, 智能信息化技术在盾构施工中得到了广泛应用, 对盾构施工安全起到了积极作用。今后继续从盾构施工安全管理方面不断总结经验教训, 通过对安全管理人员和盾构机操作手的专业技术培训, 强化施工安全技术措施, 盾构施工安全管理工作一定能够取得良好的效果, 盾构施工安全管理水平一定能够再上新台阶。

### 参考文献:

- [1] 科技创新助推城轨交通盾构施工本质安全水平提升[J]. 城市轨道交通, 2022(06): 25-27. DOI: 10.14052/j.cnki.china.metros.2022.06.010.
- [2] 常华杰. 浅析大直径泥水平衡盾构施工安全管理要点[J]. 建筑安全, 2022, 37(06): 28-33.
- [3] 仲奇峰. 地铁工程盾构施工安全风险控制研究[J]. 工程机械与维修, 2022(03): 138-140.