

# 新型顶管进出洞端头加固体系在综合管廊中的应用

李徐德

武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430000

**[摘要]**在综合管廊施工中,常见施工方法有两种支护明挖法及沉井+顶管法,在城市交通较繁华路口,为减少对交通影响,主要采用沉井+顶管施工技术。而顶管法施工中顶管机进洞端头加固体施工效果又是其关键控制工序,直接关系到顶管是否能够顺利始发与接收。本篇文章详细阐述一种新型加固方法、施工工艺。结合工程实例,提出优化设计方案与施工控制要点,为综合管廊矩形顶管端头加固提供技术支持,有助于提升顶管工程安全性与经济性,推动相关领域技术发展。

**[关键词]**沉井; 顶管进出洞; 端头加固体; 施工工艺

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15195

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

## Application of New Top Pipe Inlet and Outlet End Reinforcement System in Comprehensive Pipe Gallery

LI Xude

Wuhan Municipal Construction Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**Abstract:** In the construction of comprehensive pipe galleries, there are two common construction methods: support open excavation method and caisson+pipe jacking method. At busy intersections in urban traffic, in order to reduce the impact on traffic, the caisson+pipe jacking construction technology is mainly used. In the construction of the top pipe method, the effect of adding solid material at the end of the top pipe machine entering the tunnel is a key control process, which directly affects whether the top pipe can be smoothly started and received. This article elaborates on a new reinforcement method and construction process in detail. Based on engineering examples, propose optimization design schemes and construction control points to provide technical support for the reinforcement of rectangular top pipe ends in comprehensive pipe galleries, which will help improve the safety and economy of pipe jacking projects and promote technological development in related fields.

**Keywords:** sinking well; top pipe inlet and outlet; end reinforcement; construction technology

### 引言

随着城市基础设施建设的推进,顶管施工技术因其对周围环境影响小、施工效率较高等优势,在综合管廊建设中得到广泛应用。顶管端头作为施工的关键部位,在顶进过程中承受着巨大的水土压力,若端头加固不当,极易引发土体坍塌、涌水涌砂等工程事故,不仅会威胁施工安全,还可能对周边建筑物造成损害,导致工期延误与巨大经济损失。

本文以东湖新城综合管廊一、二、三期工程为例,对顶管施工洞门破除工序与设计探讨优化,在洞门前方(原加固区域)通过设置插入一排H型钢,形成SMW工法墙作为临时支护结构,降低洞门破除时土体坍塌风险,并合理减少原有端头加固工程量以达节约工程建设成本。通过深入研究综合管廊矩形顶管端头加固技术,优化加固方案与施工工艺,为其他相关工程提供有益参考与借鉴。

### 1 新型端头加固体工艺原理

工作井结构井(沉井)施工前,进行端头及止水帷幕施工,在端头加固体初凝前,插入H型钢,形成工法墙支护体系,并沿工作结构井(沉井)外边四周形成一圈钢筋混凝土冠梁连接形成整体。待沉井下沉、洞门破除完成,顶管机推进至加固体外边缘,拔出H型钢,顶管机进入加

固区域后正常推进。新型加固体体系通过插入H型钢,增加强度及刚度,确保沉井下沉、洞门破除、顶管进出洞等工序施工时土体稳定,提高其安全系数。

### 2 新型端头加固体的优势特点

#### 2.1 安全稳定性强

通过在洞门加固体内靠洞门一侧插入型钢,形成SMW工法墙,并增设冠梁进行组合,使其具有较高强度、刚度,可操作性强,操作过程简单,安全可靠。

#### 2.2 经济效益明显

利用工法墙支护作用,可降低端头加固范围,普通加固体通常为洞门外侧5m,本新型加固体约2m即可,节约工程造价成本。

### 3 施工工艺流程及操作要点

#### 3.1 施工工艺流程

场地平整测量放线→端头加固及止水帷幕施工→始发及接收洞门搅拌墙施工→工字钢现场加工处理→工字钢插入→墙体养护及检测→沉井制作下沉→女儿墙及冠梁施工→顶进设备安装→始发井洞门人工破除→顶管出洞抵达工法墙加固体→始发井工法墙型钢拔出→顶管机抵达接收井工法墙加固体→接收井工法墙型钢拔出→顶管机穿越接

收井工法墙加固体抵达井壁→接收井洞门破除及进洞接收。

### 3.2 操作要点

#### 3.2.1 场地平整测量放线

开始作业前,调查清除一切地面和地下障碍物,场地低洼处先抽水和清淤,进行地基处理,必要时可以搅拌石灰或水泥,确保墙机站位处地基稳定。合理组织人材机陆续进场,安装加固所用水泥罐,对施工区域及时进行场地平整。对施工区域进行打围,现场施工场地进行布置。根据施工场地内建立的导线测量控制点和水准测量控制点,进行施工放样,采用全站仪和水准仪进行定位和高程测量。

#### 3.2.2 端头加固及止水帷幕施工

(1) 测量放样。根据提供的水准点,严格按照设计图进行墙位中心轴线定位放样及高程引测工作,并做好轴线控制点标志。请现场监理复测墙中心轴线。

(2) 开挖沟槽。为清除妨碍成墙施工的杂填土和浅层的地下障碍物,必须用挖机开挖出 1.2m 宽沟槽,深度应到达杂填土底部并不小于 1m,不大于 2.5m。

(3) 设置定位线、分幅。所谓导向定位线即为三轴深搅墙的外边缘轮廓连线,平行于轴线。按照 20m~30m 分段随三轴深搅墙的完成施放,定位线两端必须放置固定好,必要时设置临时木墙,然后挂上施工线,三轴墙机就位时以螺旋叶片外缘切上施工线为标准。墙位分幅布置的偏差不得大于 20mm。

(4) 墙机就位。墙机行走路线用钢板铺设,检查其平整度满足 1/100,墙机就位后应校正、复核墙机底盘水平度和钻塔导向架的垂直度,立柱导向架的垂直度偏差应小于 1/250,符合要求后才可以进行钻孔施工。每幅墙施工前以中间钻杆上的中心点对准导向定位线上的分幅标记并以螺旋叶片外缘切上施工线为标准。墙机就位完毕后再进行墙位复核,偏差值不应大于 50mm。

(5) 制备水泥浆液。按照设计要求水泥采用 P.042.5 级普通硅酸盐水泥,水泥掺量为 35%,外加减水剂,添加膨润土,用量宜为 10kg/m<sup>3</sup>。水灰比为 1.5,搅拌墙 28 天无侧限抗压强度标准值不小于 0.5MPa。

在施工现场搭建拌浆施工平台,后台搅拌站要挂牌施工(每种墙的墙长、水泥掺量、用水量等必须在牌上注明),浆液制备前对拌浆工作人员做好交底工作,在开机前应进行浆液的搅制,水泥必须过磅,拌浆时间≥2 分钟,现拌现用。因故搁置超过 2h 的拌制浆液,应作为废浆处理,严禁再用。

(6) 成墙和注浆。定位后开动墙机使钻头下沉,同时喷浆、喷气切割搅拌土体。到达设计墙底标高后重复搅拌注浆(钻头上下各一次),随后钻头提升,仍同步注入水泥浆液。根据规范要求三轴搅拌墙机下沉速度为 0.6m/min,搅拌提升速度为 0.8m/min 以内,并保持匀速下沉与匀速提升。注浆成墙后墙位偏差不得大于 50mm,墙

体垂直度偏差不大于 1/200。

#### 3.2.3 始发井及接收井搅拌墙施工

搅拌墙施工施工同上述端头加固三轴水泥搅拌墙施工工艺,需注意按设计要求定位实施,严格把控墙体线形及垂直度,在成墙完成后初凝之前及时插入型钢。

#### 3.2.4 工字钢现场加工处理

(1) 型钢吊放之前应涂抹隔离剂及满贴隔离薄膜:

油脂减摩剂的使用量是 1kg/m<sup>2</sup>。减摩剂涂刷时避免在雨雪天进行,涂刷须均匀,厚度不小于 1mm,且涂刷完成后 1 小时内不得使用。隔离薄膜采用 PVC 发泡膜,一般 3~5mm 厚。

(2) 工字钢长度焊接接长,当工字钢长度超过 12m 时,需利用两根型钢进行接长。

#### 3.2.5 工字钢插入

(1) 型钢制作、焊接、涂刷减摩剂、插入与固定

H 型钢制作:焊接 H 型钢焊缝质量应符合设计要求 H 型钢制进场后,型钢顶端 0.07m 处开一个中心圆孔,孔径约 4cm,以便 H 型钢的起吊。

H 型钢的焊接要求:H 型钢宜采用整材,当采用分段焊接时,应采用坡口焊接,焊缝质量等采用二级,单根型钢接头不宜超过 2 个,接头位置应避免设置在支锚或开挖面附近等型钢受力较大处。相邻型钢的接头位置应错开,错开距离不宜小于 1m。

涂刷减摩剂:为了便于起拔回收,在插入深搅墙前,表面应涂刷减摩剂。所使用的减摩剂为 SMW 工法 H 型钢专用减摩隔离剂。

(2) H 型钢的插入与固定

H 型钢应在搅拌墙施工完成后 30 分钟内插入指定位置。采用吊车将定尺的 H 型钢吊起,依靠 H 型钢的自重下插或振动锤助沉到设计规定深度。下插过程中始终用线锤跟踪控制 H 型钢垂直度,并用两台全站仪双向校核。插入完成后由 H 型钢上的吊筋吊在定位小槽钢上控制标高,定位小槽钢搭在沟槽两侧铺设的定位型钢上直至孔内的水泥土初凝。

#### 3.2.6 沉井浇筑下沉及封底

顶管工作井下沉主要采用排水下沉和干封底的工艺技术,制作与下沉方法:两节制作、两次下沉,根据现场条件,先开挖 1.5m 基坑后进行沉井制作。首先施工刃脚部分,刃脚部分施工完成后进行第一节沉井制作,第一次下沉后,再进行第二节段的施工,再下沉到底标高。应采用两节制作,两次下沉方法,沉井分节制作的高度,应保证其稳定性并能使其顺利下沉。沉井制作过程中洞门结构进行优化,井壁外侧采用 50cm 素混凝土周边布置放射筋,下沉前内侧预留 50cm 后期采用砌块砖封堵。

当沉井下至设计标高时,应特别加强观测,待 8 小时,沉井自沉累计不大于 10mm 时,方进行封底,但此时井体

的刃脚标高、井体的位移、倾斜均应在允许的范围内，并经监理工程师、监测工程师检验合格后方可进行封底验收。

### 3.2.7 顶管机安装

矩形顶管下井以及吊出需要采用大型起重设备。主要工作工序有：发射架、后顶装置下井安装调试→刀盘及驱动段下井放置在发射架上→后部纠偏铰接段整体下井，放置在发射架后与刀盘及驱动段用螺栓连接、紧固→螺旋机下井并安装到位→环形顶铁和 U 型顶铁下井安装→电器柜安装。

### 3.2.8 冠梁及女儿墙施工

根据深基坑设计要求，在工法墙的型钢上端设置冠梁，工法墙型钢表面设置隔离薄膜及涂刷隔离剂，型钢顶部高出冠梁顶部 50cm，方便后期拔出型钢，并预留钢板做斜撑。将已下沉完成后的沉井井壁预留女儿墙钢筋与冠梁钢筋按图纸要求进行绑扎连接，一同支模浇筑混凝土。

### 3.2.9 始发井洞门破除

施工准备→脚手架搭设施工平台→洞门混凝土凿除→渣土清运→导轨安装及机头进洞门口，洞门破除之前做米字型探孔，探孔深度至加固体，探孔无漏水现象方可进行洞门破除。搭设防护脚手架，由人工从上至下逐步破除，只可破除洞门混凝土，不可破坏加固区墙体破除原则：先两侧再中间，先上部后下部，由外及里逐层破除，破除完成后安装洞门止水装置及顶管机出洞。

### 3.2.10 顶管出洞抵达工法墙加固体

在洞圈内的墙壁结构全部破除后，应立即安装洞门止水装置，顶管机向洞门方向顶进，刀盘顶到工法墙加固体后，应迅速、连续顶进管节，尽量缩短工具管进洞时间。

### 3.2.11 始发井工法墙型钢拔出

待顶管刀盘已顶至墙体受力后，采用专用夹具及液压千斤顶以冠梁为反梁，利用起吊设备吊配合拔起回收 H 型钢。

### 3.2.12 顶管机抵达接收井工法墙加固体

#### (1) 正常顶进

顶管机穿越始发井加固区后，进入区间正常顶进，过程中应监测刀盘同掌子面土压力变化情况。当顶管机进入接收井端头加固区域后，开始控制顶进速度，顶进轴线，并加强对顶进应力及地面及周边构筑物沉降的监测。根据顶距及电脑监控设备判断当临近接收井工法墙墙体时，停止顶管机顶进同时保持现有掌子面土压力，立即组织吊车进行将接收井洞门工字钢拔出后方可继续顶进。

### 3.2.13 顶管机穿越接收井工法墙抵达井壁

顶管机穿越接收井加固区抵达洞门井壁后，应尽量减少水土流失，控制好地面沉降及工后沉降。及时进行同步注浆若有沉降区域及时采用膨润土压浆填充。

### 3.2.14 接收井洞门破除及进洞接收

当顶管机前方刀盘将军帽已抵达至洞门混凝土时，组

织人工进场进行破除洞门混凝土。

## 4 施工技术措施

(1) SMW 工法墙施工时，由于沟槽开挖和成墙时置换出的地基土量大，基坑外围无可供利用场地，开挖和置换出的地基土由挖机转移至场中集中堆放，在基坑开挖时一起运走，如若场地条件限制，则置换土需及时运出场地以免影响正常施工。

(2) 钻进缓慢处理措施。预搅下沉困难，电流值偏高，进尺缓慢，遇到这种情况，若地层内含有砂层或硬质土层，阻力大，应更换或在钻头加焊合金刀片并辅以稀水泥浆搅拌下沉；若墙机振动，地下可能存在障碍物，采取开挖并回填的方式解决。

(3) 遇地下障碍物的处理措施。在三轴搅拌墙施工过程中，对埋深较浅的地段的大孤石等遇地下障碍物采用开挖的方案，取出孤石。对埋深较深的地下障碍物，经现场确认无法施工时，采用补墙措施，补墙与原设计墙径增长水泥含量等同。

(4) 垂直度控制及纠斜措施。墙机就位时，确保其钻杆中心与墙中心在一个垂直面上，其钻杆垂直度，符合施工要求；钻进过程中为保证搅拌墙垂直度，注意设备的平整度和用线锤检查导向架的垂直度。若在施工发生墙位倾斜现象，则应重新定位墙机，根据需要采取补墙措施。

(5) 浆管堵塞、断浆处理措施。由于输浆管内有残存的水泥结块，或喷浆口球阀间隙过小，在喷浆过程中，可能导致输浆管堵塞甚至爆裂，此时应先拆洗输浆管，使喷浆口球阀间隙适当。

(6) 意外停机时的应急措施。打墙过程因故中断而续打时，为防止断墙或缺浆，应使搅拌轴下沉至停浆面以下 0.5m，待恢复供浆后再继续喷浆提升，对于由于意外造成停机时间超过 24 小时的墙，则需采用补墙措施进行冷缝处理。

(7) 冷缝处理措施。搭接施工的相邻墙的间歇时间超过 24 小时的部位应进行接头冷缝处理。

## 5 安全措施

(1) 严格按照用电规程重点控制安全生产用。

(2) 型钢起吊时吊车旋转半径范围不得有人，起吊前检查各连接处的牢固性，注意起吊安全。

(3) 做好地下管线等障碍物调查工作，避免造成破坏事故。

(4) 禁止临边机械作业和堆载。

## 6 环保措施

(1) 施工现场设置临时排水系统，施工污水经沉淀滤清后，排入下水道。

(2) 由于场地狭小，施工现场不设临时堆土场，土方车辆要强化密封措施，并派专人巡视。

(3) 对施工中的水泥浆集中排放，待水泥浆凝结成

块时装运至指定弃土点。

(4) 现场水泥堆放使用要有序，避免扬灰造成环境污染，采用袋装水泥时需搭设水泥棚。

## 7 结论

该新型端头加固体系应用于东湖新城综合管廊一、二、三期工程项目中，其方法简单，施工方便，充分利用了工法墙的型钢可回收特点，减少了其他传统施工需要端头加固需大量范围的满堂加固、洞门破除渗漏水及土体失稳等风险。采用此方法施工施工效率明显提高，有效地节约了工程端头加固成本，以及洞门破除失稳风险。可使顶管刀盘掌子面与土体充分接触后再进行拔出型钢，有效保证顶管出洞有更充足的准备时间及安全性，有效地减少了安装和拆除模板时的工作量；施工费用低，顶管出洞安全，具

有良好的社会效益和经济效益。在工程领域中采用盾构、顶管机洞门破除及顶管进出洞均有广阔的应用空间。

## [参考文献]

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部 JGJ79-2012《建筑地基处理技术规范》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2013.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部 JGJ120-2012《建筑基坑支护技术规程》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2013.

作者简介: 李徐德(1987.9—), 男, 毕业院校: 武汉大学, 所学专业: 建筑经济管理, 当前就职单位: 武汉市市政建设集团有限公司, 职务: 分公司副经理, 职称级别: 高级工程师。