

Key Points of Quality Control in Supervision of Super Large Section Rectangular Pipe Jacking

Hongxing Wang

Shanghai Jianke Engineering Consulting Co., Ltd., Shanghai, 200032, China

Abstract

With the rapid development of China's capital construction, the large and medium sized rectangular jacking pipe in China's municipal construction will be more and more widely used, especially in solving the problem of underground traffic across highways, railways, rivers, ground construction (structure), more obvious advantages. At the same time, the super large section rectangular pipe jacking project is a dangerous project that exceeds a certain scale in accordance with the *Safety Management Regulations of Dangerous Partial and Sub-Project* issued by the Ministry of Housing and Urban-rural Development of China. Therefore, its quality control is particularly important to the construction parties involved, this paper describes the key points of quality control of the supervisor in such projects.

Keywords

super large section rectangular pipe jacking; quality control; supervision

超大截面矩形顶管监理质量控制要点

王红星

上海建科工程咨询有限公司, 中国·上海 200032

摘要

随着中国基本建设的迅猛发展, 超大截面矩形顶管在中国大中城市市政建设中应用将越来越广泛, 特别是在解决穿越公路、铁路、河流、地面建(构)物的地下交通工程中, 更显其优越性。同时, 超大截面矩形顶管工程按照中国住建部发布的《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》又为超过一定规模的危大工程。因此, 其质量控制对参建各方尤其重要, 论文讲述监理方在此类工程中质量控制的要点。

关键词

超大截面矩形顶管; 质量控制; 监理

1 超大截面顶管的施工特点

(1) 与普通的顶管相比, 超大截面顶管工程的管径要大得多, 土拱效应较差, 在顶管顶进过程中, 顶进速度与机头前方土压力控制得好坏, 更容易造成机头前方地面不均匀沉降或隆起^[1]。

(2) 超大截面顶管管径更大, 为满足管道顶部最小覆土的要求, 管道埋深深度高于普通顶管埋深, 施工深度相应增加, 始发、接收井基坑更深, 控制要求更为严格、困难。

(3) 在采用超大顶管进行顶进时, 洞门尺寸超大, 洞门设置样孔要远多于普通洞门的样孔。在洞门混凝土凿除时, 更容易造成正面土体流失, 安全隐患更大。

2 超大截面矩形顶管监理质量控制要点

了解超大截面矩形顶管的施工工艺流程是监理做好超大截面矩形顶管质量控制的前提, 对施工工艺的每道工序采取事前、事中、事后进行质量控制是监理人的程序和方法。施工工艺流程如图1所示。

2.1 监理对超大截面矩形顶管施工前准备的督查

在顶管施工前, 监理应督促并参加全体施工人员的技术交底工作, 不同的工种进行岗位培训, 考试合格方可上岗操作。

在地面准备工作中, 监理应督促施工单位对洞门前土体进行加固, 并进行取芯检测, 确认达到设计强度要求。检查施工方是否按照施工方案中的地面布置图合理布置集土坑、拌浆间、管节堆场、材料堆场、吊车停放位置等。检查施工

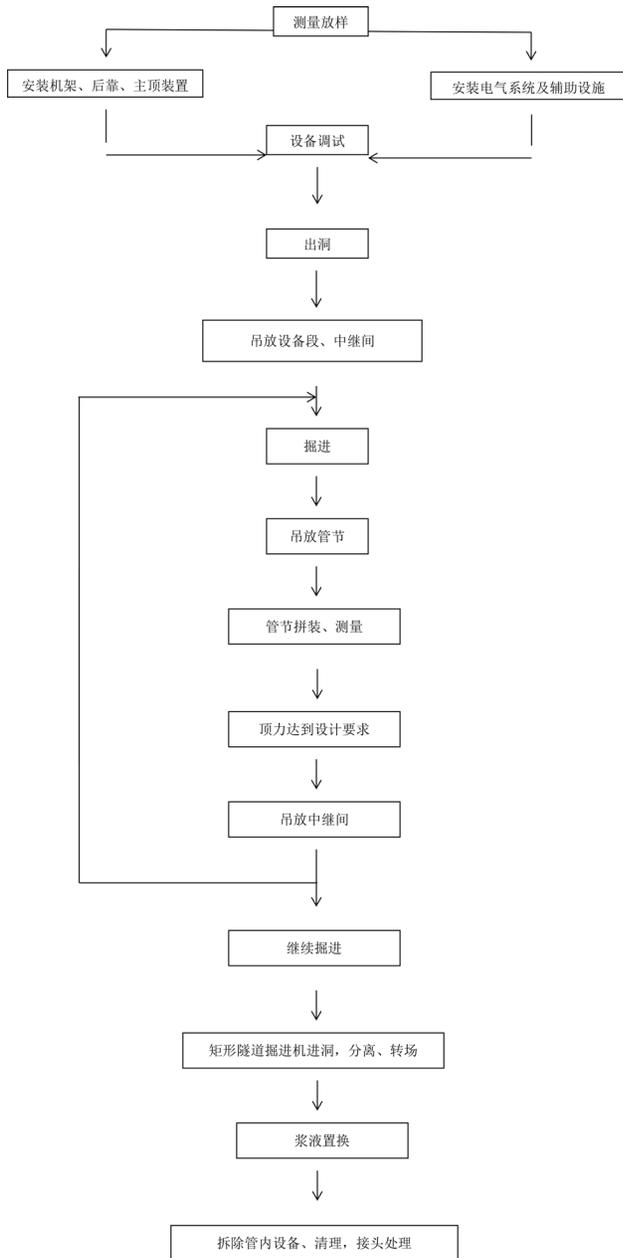


图1 超大截面矩形顶管施工工艺流程图

中的用电、用水、通道、排水及照明等设备的安装。集土坑尺寸、管节堆放及球阀数量应满足顶进需要，符合施工方案要求。严格复核井上、井下的测量控制网。

在井下准备工作中，应做到以下几点：

(1) 首先检查洞门密封装置的安装。顶管出洞时，由于工作井洞圈尺寸和顶管尺寸存在一定的间隙，密封装置是为了防止顶管出洞时水土从该间隙流出的装置，所以此装置的质量好坏将直接影响顶管出洞的成功。

(2) 监理应检查顶管机架和后靠的安装。机架安装时严格按照测量放样的基线，吊入井下就位焊接，两根轨道中心线与基座上的顶管机必须对准洞门中心线，且与隧道设计

轴线反向延长线基本一致，轨道高程偏差不超过 3mm，轨道中心水平位移不超过 3mm。后靠安装高程差不超过 50mm，水平偏差不得超过 50mm，垂直度满足顶管机和方案要求。

(3) 主顶的定位检查。主顶尽量与管节中心轴线两侧呈对称分布，以保证管节受力均匀。主顶安装后需进行调试验收，保证千斤顶性能完好。

(4) 顶管机就位、调试验收。顶管机进行精确放样定位，必须进行反复调试验收，确保设备运转正常，验收合格后方可进行顶进施工。

2.2 顶管出洞段施工监理的质量控制

顶管出洞首先应凿除洞门混凝土，此项工作必须在监理监督下，安全、连续、尽快完成，有关措施必须满足安全方面的要求，然后顶管机头迅速靠上正面已进行预先验收的加固土体，此过程监理应全程旁站跟踪。穿越加固土体时应严格控制土压力，土压力的理论计算按照以下公式进行计算：

正面平衡压力：

$$p = k_0(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n)$$

其中，P：平衡压力（包括地下水）。

γ_1 、 γ_2 、 γ_n ：各土层的重度。

h_1 、 h_2 、 h_n ：各土层的厚度。

k_0 ：土的侧向静止平衡压力系数。

同时，加密监测点监测频率。实际出土量严格控制在理论出土量的 98%~100%。推进速度严格按方案执行，宜控制在 1cm/min。减摩泥浆的注浆量、注浆压力严格按方案要求实施。监理人员会同施工技术部门综合监测顶力、推进速度和出土量以及千斤顶的编组等信息，分析各参数之间的关系，保证推进平稳。

2.3 顶管正常段施工监理的质量控制

由于顶管截面超大，土质情况往往更复杂，穿越土层可能包括粉质黏土夹粉质粉土、砂质粉土、粉砂、淤泥质粉质黏土、淤泥质黏土和粉质粉土等，土质敏感度高，监理在顶进过程中更要严格控制顶管施工过程中产生的土压力，施工中采取高土压、高顶力方式顶进；若出现喷涌现象，立即关闭螺旋输送机的闸门，适当向前掘进，保持仓内的土压平衡。

进入正常段施工后，监理应会同施工技术部门，结合地质资料计算出不同顶进部位段的正面土压力，再根据土压力

和管道土体之间摩阻力计算出主顶力^[2]，主顶力随顶进距离增大而应缓慢的增大。实际出土量应与理论出土量保持一致，确保正面土体的相对稳定，减少地面沉降或隆起量。正面土压力和主顶力计算如下：

(1) 正面土压力的设定 正面平衡土压力：

$$p = k_0 \gamma h$$

其中，P 正面平衡土压力（包含地下水）。

γ ：土体的平均重度（KN/cm³）。

h：顶管通道埋深（m）。

k_0 ：土的侧向静止平衡压力系数——依据顶管施工参数和监测情况，进行修正。

顶管在推进施工中参照以上方法来取得正面土压力的设定值。具体施工设定值根据顶管埋深、所在位置的土层情况以及监测数据进行动态调整。

(2) 主顶力的设定 顶管推进施工主顶力公式如下：

$$R = N + F = S \times Pt + f \times L \times l$$

其中，S：顶管机机头截面积，m²。

Pt：机头底部以上 1/3 高度处的被动土压力，KN/m²。

$$Pt = \gamma(H + 2D/3)tg2(45^\circ + \phi/2)$$

其中， γ ：土的容重，KN/m³。

H：顶进机顶土层厚度，m。

D：顶进机高度，m。

ϕ ：土的内摩擦角，度。

f：采用注浆工艺的摩阻系数，可通过实际试验确定，一般取 $f=4\sim6\text{KN/m}^2$ 。

L：机头或管节周长，m。

l：顶进长度，m。

通过管节内部注浆孔向外压注减摩泥浆是为了减少土体与管节间的摩阻力，同时对周围受扰动土体也有一定的充实效果。压浆施工监理控制要点：①专人负责，保证泥浆稳定、不失水、不固结、不沉淀；②严格控制注浆量，一般为空隙的 150%~250%；③注浆压力控制在 0.1 MPa ~0.15MPa，总管压力不超过 0.2Mpa；④严格按规程操作，即时压注，必须遵循“先压后顶，随顶随压，即时补浆”的原则。

土体改良是超大截面顶管施工安全、顺利、快速施工的一项不可缺少的重要技术手段。通过土体改良可以更好的建立正面平衡压力，增加透水性，切削下的土体也具有更好的

流塑性和稠度。土体改良的方法是通过顶管机刀盘和胸板上预留的注浆孔向刀盘及土仓内注入添加剂，利用刀盘的旋转搅拌，使添加剂与土渣混合。不同的土体使用不同的添加剂，一般多使用膨润土。具体工程中监理应严格按照施工方案要求，监督施工方执行。

根据监测结果，监理应及时督促施工方对变形过大区域进行补偿注浆，二次补压浆多利用管节上部增设的注浆孔进行，采取方式为：打管微扰动由外向内分层压注，打管长一般 2m，每次拔出 15cm。同时，通过合理调配千斤顶的数量和部位控制区域顶力的差值，避免因压差过大造成管节破损。

正常顶进中，每节顶进结束，监理应及时提醒施工方对机头姿态进行测量，做到随偏随纠。轴线偏差要求：高程、水平均为 $\pm 100\text{mm}$ ，转角偏差要求 $\pm 15^\circ$ 。合理的顶进速度，连续均衡施工，避免长时间搁置，不断根据反馈数据进行主顶设定值调整，严格控制出土量，防止欠顶或超顶是控制地面沉降、隆起合理有效的方法。

2.4 顶进过程中监理注意加强管节拼装质量控制

由于顶管截面较大，所需管节也较大，在管节拼装过程中，拼装质量更加难以控制，因此监理在管节控制过程中要严格监控。

(1) 每节管节推进过程中，严格控制切口平衡压力值，使切口正面土体保持稳定状态，以减少对土体扰动程度，减少不均匀沉降或隆起。

(2) 采取信息反馈的施工方法对顶管推进进行质量控制，顶管穿越区域地面纵向轴线位置布设沉降观测点（在构筑物等控制沉降要求较严的影响区域内布设横断面观测点），然后在顶管推进工程中进行跟踪沉降观测，并将所测沉降数据及时反馈，为调整下阶段的顶管施工参数提供依据。

(3) 及时压注减摩泥浆，采用同步注浆及补压浆工艺，对沉降量控制要求较高的范围作两次或三次注浆。

(4) 通过对实测数据与施工参数的收集和整理，形成一套较为完善的土压平衡施工智能数据库来指导大截面顶管施工。

2.5 顶管进洞段施工监理的质量控制

超大截面顶管进洞时同出洞时一样，也需对洞口进行加固，由于顶管直径大、洞门大，对接收井加固区土体要求更

加严格, 监理在验收过程中必须严格把关。

顶管隧道贯通前监理应测量复核顶管所处的方位, 确认顶管姿态, 评估顶管进洞时姿态和拟定顶管进洞段的施工轴、推进坡度的控制值与施工方案的要求是否相符, 确保以良好的姿态进洞。

当顶管机逐渐靠近洞门时, 要在洞门砼上开设观察孔加强对其变形和土体的观测, 并控制好推进时平衡压力值。当顶管切口距洞门 50cm 时, 尽可能出空平衡仓内的泥土, 使切口正面的平衡压力值降到最低值, 以确保混凝土洞门凿除的施工安全。

为保证超大截面矩形顶管进洞的安全, 防止进洞前的水土流失, 一般宜在接收井内回填一定厚度的原状土。例如, 地下水位远低于隧道底标高, 且出洞处土质较好, 也可以直接出洞, 不做回填土。其中, 回填土的有关参数监理应按方案要求监控。

在顶管机进入接收井过程中在盾尾进行环箍注浆, 减少地下水进入接收井的可能。当顶管机按原设计顶进里程顶进到位, 即管节超过洞圈前段 25cm 位置时停止顶进, 然后进行浆液置换和土体固化, 并养护 3~5 天后, 进行井内回填土

体分层清理, 分层厚度不应超 2m, 清理到顶管断面时, 监理应与施工方技术人员一起观察洞圈是否有渗漏情况, 和渗漏量大小, 据此判断确定是否进行开挖或是重新回填。

开挖到位后, 应及时将顶管尾部与第一节管节分离, 用预先预制好的钢板进行满焊封堵, 再对洞圈进行注浆加固。

3 结语

超大截面矩形顶管工程的监理质量控制除按以上内容进行控制外, 还应严格按照监理质量控制要求做好事前、事中、事后控制。管节、设备、材料等构配件的验收应严格按照专家评审过的方案和蓝图要求执行, 事后验收由总监组织有关各方按有关规范和施工图纸认真执行。超大截面顶管工程成败和地下水的渗漏控制有很大关系, 成功控制地下水的渗漏是顶管工程成功的一半。

参考文献

- [1] 朱克东. 大直径顶管工程施工安全风险研究 [D]. 陕西: 西安建筑科技大学, 2018.
- [2] 丁豪, 龚福鑫, 贺志宏, 等. 顶管施工在市政工程中的实际应用 [J]. 特种结构, 2001(03):54-56.