

# 顶管施工过程中的地面沉降风险控制

王伟

(江苏东升水务建设工程有限公司, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:** 顶管施工是一项系统性很强的复杂工程, 在施工的每个环节都存在一定的风险。本文主要针对顶管施工过程中的地面沉降风险进行分析, 总结了一些关于顶管施工过程中地面沉降风险控制的方法, 可为类似顶管工程施工的地面沉降风险控制提供参考。

**关键词:** 顶管; 地面沉降; 原因分析; 控制目标; 控制措施; 信息化施工

**中图分类号:** TV52      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2016) 11-0054-03

## Risk control of land subsidence in the process of pipe jacking construction

WANG Wei

(Jiangsu Dongsheng Water Construction Engineering Co., Ltd, Suqian 223800, Jiangsu)

**Abstract:** Pipe jacking is a very complicated system construction, and there are certain risks in each link of construction. Risks of land subsidence in the process of pipe jacking construction are analyzed in this article. Some risk control methods of land subsidence during pipe jacking construction are summarized, which could provide some references for land subsidence risk control of similar pipe jacking construction.

**Key words:** pipe jacking; land subsidence; reason analysis; control target; control measures; informationization construction

### 1 引言

地面沉降会对地面建筑物和地下构筑物产生不利影响, 严重时会影响到人民群众的生命和财产安全, 是顶管施工风险控制的重要方面。在顶管机的出洞(进洞)、注浆减摩、中继顶进等多个环节, 都存在地面沉降的风险。可以说, 地面沉降风险伴随着顶管施工的全过程。因此, 研究顶管施工过程中的地面沉降风险控制是一项很有意义的工作。

### 2 地面沉降的原因分析

顶管施工引起地面沉降的原因可大致从主观和客观两个方面分析<sup>[1]</sup>, 详见表1。

### 3 地面沉降的风险控制目标

顶管施工造成地面沉降是不可避免的, 但只要能把沉降控制在某一范围内, 就可以避免破坏性的结果。因此, 合理确定沉降控制目标是很有必要的。上海某原水供水管线为直径 3600 mm 的钢顶管, 其招标文件对地面沉降提出了如下控制目标, 详见表2。

在实际施工中, 施工前应对影响范围内的构(建)筑物进行专门调研, 尽量从运行管理单位和主管部门处获取控制目标参数。

### 4 地面沉降的风险控制措施

地面沉降风险的控制宜早不宜迟, 应以事前控制和事中控制为主。

收稿日期: 2016-08-30

作者简介: 王伟(1981-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事水利工程施工管理工作。

表 1 地面沉降的原因分析

影响原因	定义	具体表现
主观方面	施工人员的工作态度、技术水平等因素	1、超挖（欠挖）； 2、顶进参数匹配不合理，如推进速度、正面土压力、注浆压力、顶管机的设置压力和顶管总推力等； 3、注浆量不足或注浆不及时； 4、姿态纠偏操作不当； 5、顶管停止推进较长时间，千斤顶会因漏油而缩回，从而引起顶管后退，造成开挖面土体稳定失衡； 6、顶管机与工程区土质不适合
		1、顶管开挖对周围土体的扰动造成土体原始平衡状态被破坏； 2、土的承载力降低； 3、土体固结； 4、管道对土体剪切会产生地层损失； 5、流沙或工作面塌方； 6、顶管自重与地下水的浮力不平衡； 7、土的塑性变形产生永久变形或随时间增长的变形
客观方面	土层地质情况等因素	

表 2 地面沉降的控制目标

条件	控制目标
一般情况下	地面允许隆陷值应控制为 +10/-30 mm
轨道交通	满足地铁运行保护要求（长期值），隧道竖向沉降（隆起） $\leq \pm 5\text{ mm}$
原水渠道、合流污水渠道	沉降 $\leq 5\text{ mm}$
建筑物	沉降 $\leq 30\text{ mm}$
地下管线	沉降 $\leq 10\text{ mm}$

4.1 事前控制

事前控制主要就是根据顶管施工区的地质条件、地下水情况、施工场地、施工环境影响等因素，选择对地层扰动小的较为合理的顶管机和施工方案<sup>[2]</sup>，详见表 3。

表 3 事前控制

事前控制内容	具体表现
工程地质情况勘察	详细了解工程概况、地质概况、地下水位、顶管管径、埋深，以及邻近建筑物、地下管线的情况
选择顶管机	作为主流设备的泥水平衡式顶管机、土压平衡式顶管机普遍适用于各种地质条件，但土压平衡式顶管机在遇到易产生流砂现象的砂性土时，需进行土体改良
选择顶进路线	直线顶进对周围土体及环境的扰动比曲线顶进小；只有必须绕开地下构筑物或由于土质不好较难顶进时，才选择曲线顶进
特殊的技术措施	地下障碍物多且清除不影响建筑物安全时，可为顶管机增加除障功能

4.2 事中控制

事中控制就是合理、精确把握顶管机顶进过程中的诸多控制参数，使顶管处于最佳推进状态，对周围地层及地面的影响最小<sup>[3]</sup>，详见表 4。

表 4 事中控制

事中控制内容	具体表现
控制开挖面的土压力	理论上，如果顶管机提供的压力和静止土压力相当，则周围土体受到的扰动就很小，地面就不会出现过大的变形。为此，可采用土压平衡、气压平衡、泥水平衡等措施来保证开挖面的稳定
控制推进速度	推进速度过快，土体被过量挤压，必然增加地层扰动。一般情况下，初始顶进速度宜控制在 10 ~ 20 mm/min，正常顶进速度宜控制在 20 ~ 30 mm/min
控制出土量	正常情况下出土量宜控制在理论出土量的 98% ~ 100%
确保泥浆套的完整性	在顶管机顶进过程中，应当以适当的压力、必要的数量和合理配比的压浆工艺，在管道背面的环形建筑空隙中进行同步注浆和补浆；经较长时间停顿后的管道，再次顶进前应加大补浆量，连续补浆，或增加补浆点，直至管道顶动。实际施工中，应根据土质情况以及土壤含水量的大小来决定注浆的措施、注浆时间以及注浆的位置；同时，应根据地下水质情况选择合适的浆液  上海某原水供水管线的轴线偏差控制采用了以下标准： <div>水平位移 <math>L \leq 400, \pm 130\text{ (mm)}</math> <math>400 \leq L \leq 1000, \pm 150\text{ (mm)}</math> <math>L &gt; 1000, \pm 50 + L/10\text{ (mm)}</math> 垂直位移 <math>L \leq 400, \pm 80\text{ (mm)}</math> <math>400 \leq L \leq 1000, \pm 100\text{ (mm)}</math> <math>L &gt; 1000, \pm 50 + L/10\text{ (mm)}</math> 其中，L 为顶进长度，单位为 m。</div>
及时纠偏	同时对纠偏工作提出了以下要求： 1、勤测勤纠：每顶进一节距离测量一次工具管的姿态偏差，并及时进行纠偏； 2、每次纠偏角度不宜过大，并缓慢地调整纠偏角，纠偏角度可根据管径大小和顶进长度以及土质情况确定，一般可在 5' ~ 20' 之间选择； 3、纠偏必须在顶进中进行，严禁在停止顶进时纠偏； 4、管道偏差测量每顶进 500 mm 宜不少于 1 次，在纠偏阶段宜不少于 2 次； 5、应不间断地分析管道顶进中偏移轨迹的变化，确定合理的纠偏幅度； 6、严格控制纠偏油泵的压力，不得使油泵压力升得过快

4.3 地基加固

除了在施工前合理选用顶管机和施工方案，在施工过程中使顶管处于最佳状态外，地基加固也是顶管工程中用来保护地下管线和地面建筑的重要方法。它既可用于事前预防，又可用于事中

控制。其中,以水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、跟踪注浆等地基加固技术的应用较为广泛。

#### 4.4 地面沉降的监测与信息化施工

施工过程中,沉降是否已经发生、沉降量有没有达到预警值,是否到了应该采取纠偏或加固措施的时候,这些都要根据地面沉降的监测数据来判断。因此,要使顶管施工的地面沉降得到有效控制,就必须重视沉降监测与信息化施工<sup>[4]</sup>。

##### 4.4.1 沉降监测点布置

依据《市政地下工程施工质量验收规范》(DG/TJ08-236-2006),沉降监测点布置应规范、稳定,满足密度、代表性的要求。

(1)地面沉降监测点要求在通过快速主干道路的轴线上布置沉降测点,并布设沉降监测剖面,对地质条件较差的区域应适当增加沉降测点,对于绿化地带可少布置测点或不布点;

(2)地下管线沉降测点要求尽量利用管线设施布设直接测点,并优先考虑上水、煤气管道对测点的要求;

(3)沿线建筑物的沉降、倾斜、裂缝测点,沉降点在一侧墙面至少布设2只,裂缝测点的布设尽量考虑建筑物的结构因素。对重要的建筑物要求增加测点、增加监测项目和手段;

(4)钢管的应力应变测点、内径变形测点每一断面布点不应少于4处。

##### 4.4.2 沉降监测频率

上海某原水供水管线工程对沉降监测频率进行了以下规定:

(1)正常情况下,顶进过程中,每天监测两次。对数据达到和超过报警值时,应适当增加监测频率;

(2)地面沉降资料——顶管出洞后要求每日早晚各一次提供沉降资料,当顶管穿越重要管线及建筑时应增加测量频率;

(3)顶管顶进轴线测量报表——施工期间每天需提交业主及监理;

(4)顶管顶进每100米的轴线复测资料——及时提交。

##### 4.4.3 沉降预警标准

沉降预警标准体现了风险超前控制、事先控制的特点。在风险控制目标的基础上(累计沉降或变形值),沉降预警标准提出了更为细化的日报警标准,更有利于沉降风险控制目标的实现。上海某原水供水管线工程提出的预警标准为:

(1)地面沉降:沉降累计报警值为 $-30\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ ,单日沉降报警值为 $\pm 3\text{ mm}$ ;

(2)管道变形:竖向变形累计报警值为 $50\text{ mm}$ ;

(3)地下管线沉降:参照管线管理部门规定的累计报警值和日报警值;

(4)房屋沉降:累计报警值由原房屋设计单位和房屋管理单位确定。

##### 4.4.4 信息化施工

沉降实时监测的直接目的是实现信息化施工。当监测结果达到报警标准时,应根据监测情况及时调整施工参数,以控制不良事态的继续发展。

## 5 结语

引起地面沉降的因素很多,控制沉降以事前控制和事中控制为主。事前控制主要是做好地质勘查、顶管机选型、线路优化等工作,事中控制主要是把握顶进参数,进行实时纠偏,通过沉降监测数据科学指导施工过程。地基加固作为顶管工程施工中广泛应用的一种沉降控制方法,运用沉降控制标准和预警值对沉降风险控制具有重要的指导意义。

## 参考文献:

- [1] 葛金科,沈水龙,许焯霜.现代顶管施工技术及其工程实例[M].中国建筑工业出版社,北京:2009.
- [2] 马英芳.非开挖顶管施工法的应用[J].江苏水利,2005(2).
- [3] 冯一辉,王康,王剑锋.长距离大口径顶管施工关键技术[J].中国市政工程,2010(3).
- [4] 牟建华.上海市某大型顶管工程引起道路沉降的有限元分析与监测[J].工程勘察,2013(2).

(责任编辑:华智睿)