

文章编号:1674-2869(2009)05-0033-04

# 定向钻穿越施工控制方法

赵明华, 卢华峰, 秦双乐

(长江三峡勘测研究院有限公司, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**定向钻穿越在管道与隧道工程中运用越来越广泛,但施工中若控制不当,对地表及其上建(构)筑物会带来如冒浆、建(构)筑物开裂等不利影响,为更好地进行施工设计,减弱负面影响,本文结合湖北省境内忠县—武汉输气管线定向钻穿越监利洪湖大堤的工程实例,建立相关地质、工程模型,分析了定向钻穿越施工对上覆土体变形破坏的成因,由此提出了定向钻施工控制方法。

**关键词:**定向钻;注浆压力;抬动破坏;渗透破坏

中图分类号:TE973.4 文献标识码:A

## 0 引言

采用定向钻穿越技术,是管道、光缆等穿越大中小型江河、湖泊以及不可拆迁建筑物的最佳选择,是不破坏地貌状态和保护环境最理想的施工方法。

但穿越层位、穿越深度以及注浆压力等施工参数的选择是定向钻施工控制的“瓶颈”,一旦控制失当,上覆土体变形破坏直达穿越段地表,地面会出现冒浆、破裂缝等现象,轻则对环保和农田土质带来较大影响,重则对场区地基产生扰动从而造成堤防、建筑等地面建(构)筑物开裂等破坏,需进行后续处理。

据统计,忠县—武汉输气管道工程中在江汉平原及江南丘陵区550 km的线路上有48处采用定向钻穿越河流、堤防或居民小区等,其中沮漳河、潜江紫月小区、监利洪湖大堤等出现了地表冒浆、破裂缝现象,其它对地表未产生明显的影响。笔者结合监利洪湖大堤穿越工程定向钻实施情况,对施工控制进行研究。

## 1 定向钻施工控制方法简介

因定向钻施工具有对周围环境没有影响、易于调整敷设方向和埋深、管线弧形敷设距离长、并且可使管线绕过地下的障碍物、无水上水下作业、不影响江河通航、施工场地可以灵活调整、占地少工程造价低、施工速度快等优点,以其施工简便、快捷、经济,近几年来在忠县—武汉输气管道工程中得到广泛应用。

### 1.1 施工流程

定向钻施工流程大致分为钻导向孔、预扩孔与管线回拖三个步骤<sup>[1]</sup>(图1)。

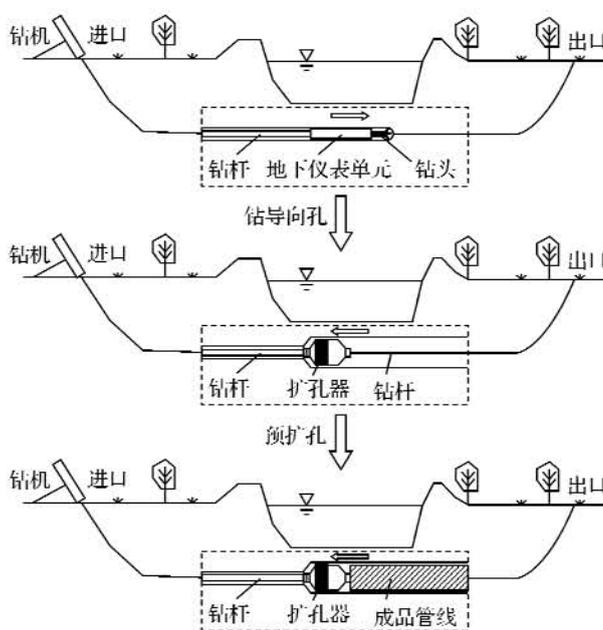


图1 定向钻施工流程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of directional drilling construction flow

**钻导向孔:**钻机被安装在入土点一侧,从入土点开始,沿着设计好的线路,钻一条从入土点到出土点的曲线,作为预扩孔和回拖管线的引导曲线。

**预扩孔:**在钻导向孔阶段,钻出的孔往往小于回拖管线的直径,为了使钻出的孔径达到回拖管线直径的1.3~1.5倍,需要用扩孔器从出土点开始向入土点将导向孔扩大至要求的直径。

**管线回拖:**地下孔经过预扩孔,达到了回拖要

收稿日期:2008-09-02

作者简介:赵明华(1971-),男,工程师,研究方向:水利水电工程地质勘察。

求之后,将钻杆、扩孔器、回拖活节和被安装管线依次连接好,从出土点开始,一边扩孔一边将管线回拖至入土点为止。

## 1.2 主要施工参数

### 1.2.1 钻液

钻液是由水、膨润土和聚合物组成的一种胶体物质,在钻进施工中用来与钻孔过程中切削下来的土(或砂石)屑混合,悬浮并将这些混合物排出钻孔的一种液体。而泥浆则是钻液与钻孔中钻屑的混合物。钻液在施工中起到冷却钻头、润滑钻具、护壁、悬浮和携带钻屑等作用,为回拖管线提供足够的环形空间,又可减少回拖管线的重量和阻力。

### 1.2.2 注浆压力

钻孔主要靠钻机产生的推力、旋转扭矩以及所提供的钻液流量、压力来完成施工。其中注浆压力尤其重要,其大小直接影响管线上覆土体变形破坏程度。合适的注浆压力可以使施工线路以上一定范围的土体产生破坏,向上影响的范围至地表应有足够的距离,则不会对地表产生破坏。

据一些工程实例,在地表以下 15~20 m 穿越粘性土或砂性土时,注浆压力一般采用 25~200 PSI(0.2~1.6 MPa)<sup>[24]</sup>。

## 2 监利洪湖大堤定向钻穿越工程概况

### 2.1 地质条件简述

穿越区地处湖北省监利县白螺镇,地表浅表部为粘土,厚度 6~8 m,可塑状,土的密度 1.86 g/cm<sup>3</sup>,极微透水性,渗透系数  $1.0 \times 10^{-6}$  cm/s,承载力特征

值 130 kPa。以下为含淤泥质粉质粘土,微透水性,渗透系数  $1.0 \times 10^{-5}$  cm/s,其密度 1.87 g/cm<sup>3</sup>,承载力特征值 90 kPa<sup>[6]</sup>。

### 2.2 施工情况

采用定向钻穿越监利洪湖大堤,水平全长 850 m(图 2)。管道在大堤地段堤脚埋深 22 m,堤内外水平段管道埋深 20 m 左右,入土段和出土段埋深小于 20 m。入土角为 9°13',出土角为 5°55'。穿越层位为含淤泥质粉质粘土。输气管道穿越用时 10 天。

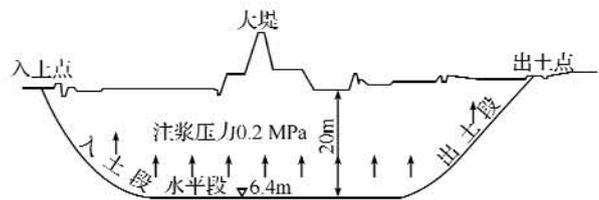


图 2 监利洪湖大堤穿越工程轴线剖面图

Fig. 2 Sectional drawing of through Jianli Honghu Levee axis

输气管道施钻孔径 660 mm,输气管道直径 610 mm。施工主要参数为:泥浆由膨润土拌合,粘度 55~65 s,泥浆泵最大泥浆排量 45 m<sup>3</sup>/h,作业时排量在 0~20 m<sup>3</sup>/h,全线注浆压力 25 PSI(0.2 MPa)。

### 2.3 破坏情况

输气管道轴线沿线地表出现 33 处冒浆现象(图 3),主要分布于入土段与出土段,水平段较少,大堤处在堤内脚出现 2 处冒浆。溢出物分布处地表明显见破裂缝,地势地洼距入土点、出土点较远处局部地段见土体抬动后下错或塌陷现象。

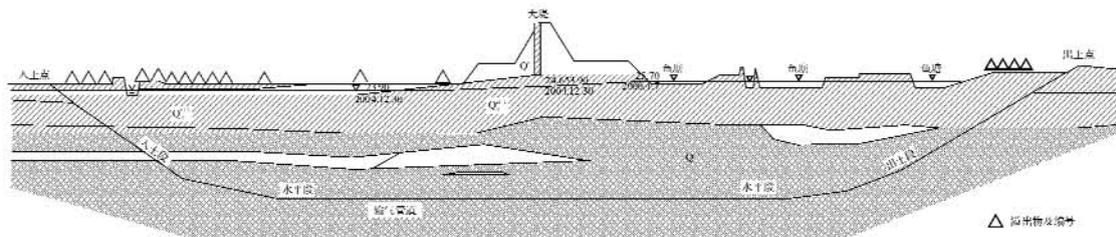


图 3 监利洪湖大堤穿越工程地表冒浆位置断面图

Fig. 3 Jianli Honghu Levee through risk slurry location of ground sectional drawing

## 3 定向钻穿越对上覆土体的破坏成因分析

### 3.1 上覆土体变形破坏影响因素

影响土体变形破坏的因素有上覆土体厚度(自重压力)、土体强度、注浆压力、泥浆稠度、钻进速度等。其中土体强度是物质基础,上覆土体厚度与注浆压力两因素是关键,相互制约相互影响。

a. 相同的注浆压力下,土体的强度越小,遭受扰动越强烈,土层结构不同,其影响也有差异。

荆州引江济汉渠道与监利洪湖大堤两穿越工程注浆压力相当,前者地表未出现明显破坏,是因为其盖层为硬塑状的粘土,强度较高;后者穿越深度大,反而出现了冒浆甚至破裂缝,是因为穿越土层为可塑至软塑状的淤泥质粉质粘土,强度较低。可见,土体的强度是基础,强度高的可靠的盖层在

合适的注浆压力下,可保证土体扰动不会达到地表。

沮漳河穿越工程<sup>[6]</sup>河床多为砂层或砂卵石层,无粘性土盖层,渗透破坏直接抵达河床表面,与河边可见大面积冒浆现象是吻合的,主要是渗透破坏所致。而其它穿越工程地表表层多分布有一定厚度的粘性土盖层,对土体的扰动或穿透需要较大的注浆压力,破坏形式也不同,主要表现为抬动或劈裂破坏。

b. 相同地层,注浆压力越大,则对土体的扰动越大。注浆压力向上辐射,压力大,则穿透力强,反之对上部土体扰动弱。

c. 相同的注浆压力下,上覆土体厚度越大,地表破坏程度越轻。

监利洪湖大堤穿越工程施工参数不变,土体变形破坏程度基本由管道上覆土体厚度所决定,不同地段土体变形强度不一。入土段与出土段上覆土体厚度较小,为 0~20 m,越接近入土点或出土点,上覆土体越薄,破坏越严重,地表溢出物与破裂缝分布较多。水平段上覆土体厚度较大,为 20~22 m,土体破坏程度相对较轻,在地表反映为溢出物零星分布,仅 1 处地表可见破裂缝,其它溢出物分布处主要沿地表洞穴冒浆。

d. 管道附近土体变形最大,向上越接近地表变形呈渐弱的趋势。

结合钻孔揭露,从横断面看(图 4),管道上方串浆反映区一般呈八字型或拱形,从下至上破坏范围减小,对土体的扰动减弱。

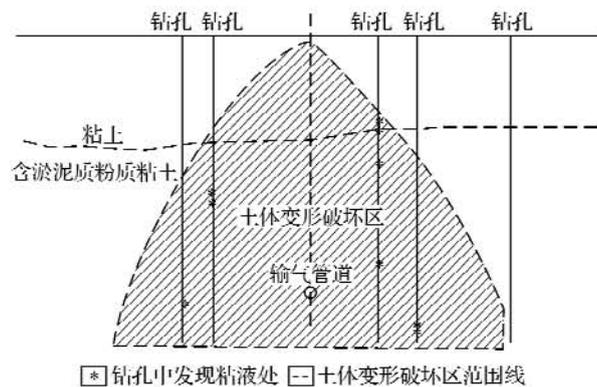


图 4 土体变形区特征范围断面图

Fig. 4 Soil characteristics of the scope of cross-section deformation zone map

e. 钻进速度越快,对土体的扰动增强。

钻进速度越快,对土体的扰动或振动频率越高,持续高压的作业,必然会使土体的变形加剧。

### 3.2 成因分析

成孔钻进灌浆时对管道附近一定范围内的土

体产生挤密、灌浆作用,对细砂层产生渗透破坏,若上覆土体全为砂层,这种渗透会辐射至地表,产生渗透破坏;若上覆具有粘性土盖层,浆液向砂层渗透反而会增强其抗渗性,但注浆压力和钻进推力较大,对管道上覆粘性土体会产生向上的顶托力,当上托力达到或超过上覆土体的自重和强度时,上覆粘性土体就发生抬动劈裂<sup>[7-8]</sup>,使土体中产生较多的破裂缝,浆液沿破裂缝向上渗流,部分地段直接冒出地表。

## 4 注浆压力确定的探讨

以监利洪湖大堤穿越工程为例,对注浆压力的确定进行简要探讨。

监利洪湖大堤穿越工程场区管道以上土体主要为粘性土,其地质与工程模型与高压输水隧洞的工况类似,则根据高压输水隧洞上覆岩层最小厚度确定方法,按照拉裂理论和厚壁筒理论,对注浆压力与上覆土体厚度进行粗略计算。

a. 假定采用压力  $P_a = 0.2 \text{ MPa}$  时,上覆土体全部被破坏。

采用公式:上覆土层厚度  $h = 9(P_a \times R / 2\lambda\rho g)^{1/2}$ <sup>[9]</sup> 进行粗算。公式中管道半径  $R = 0.35 \text{ m}$ ,天然应力比值系数  $\lambda$  取 0.3,土体密度  $\rho = 1.6 \text{ g/cm}^3$ ,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

计算结果  $h = 24.5 \text{ m}$ ,说明采用注浆压力为 0.2 MPa 时,上覆厚度 24.5 m 的土体会被破坏,即达到临界破坏状态。

监利洪湖大堤穿越工程水平段管道上覆土体厚度 20~22 m,小于 24.5 m,上覆土体变形破坏基本达到或超过临界破坏状态,破坏直达地表,与地表分布零星的破裂缝的情况基本一致。

b. 假定管道以上土体破坏厚度等于上覆土体厚度的 2/3 时,即管道以上 14 m 的土体遭到破坏。

采用公式:上覆土层厚度  $h = 6(P_a \times R / 2\lambda\rho g)^{1/2}$  进行粗算,公式中  $h = 14 \text{ m}$ ,管道半径  $R = 0.35 \text{ m}$ ,天然应力比值系数  $\lambda$  取 0.3,土体密度  $\rho = 1.6 \text{ g/cm}^3$ ,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

计算结果  $P_a = 0.15 \text{ MPa}$ ,说明采用注浆压力为 0.15 MPa 时,地表以下 7 m 的土体不会被破坏,但 0.15 MPa 的注浆压力可能造成施工推进困难。

由此可见,确定注浆压力是定向钻施工的关键,压力过大,会对地表带来影响;反之,施工推进有一定难度。合适的注浆压力,是定向钻顺利施工的重要因素。

## 5 结 语

通过上述分析,对定向钻施工控制,提出如下几点建议:

a. 必须查清穿越场地区地质条件,提出合理的岩土力学参数,选择合适的穿越层位,是施工控制的基础。

b. 根据地质条件,选择合理灌浆压力、浆液稠度及钻进速度等施工参数,是施工顺利进行的保证。鉴于目前尚无这方面的合适的理论基础,可依据已成功的经验,必要时可进行试验施工,先取得合理的施工参数后再投入施工。

c. 施工过程中应加强地表观测,以便在出现问题后及时采取相应的对策。

参考文献:

- [1] GB50424-2007 油气输送管道穿越工程施工规范[S]. 北京:中国计划出版社,2007.
- [2] 李智毅,杨裕云. 工程地质学概论[M]. 北京:中国地

质大学出版社,1994.

- [3] 长江三峡勘测研究院. 忠县——武汉输气管道工程城陵矶定向钻补充勘察报告[R]. 武汉:长江三峡勘测研究院,1995.
- [4] 长江三峡勘测研究院. 忠县——武汉输气管道工程沮漳河定向钻勘察报告[R]. 武汉:长江三峡勘测研究院,1995.
- [5] 余剑平,胡维忠. 定向钻穿越堤防对堤基的影响及防渗设计[J],人民长江,2006,37(8):81-83.
- [6] 唐国安. 鉴江定向钻穿越施工技术[J]. 人民长江,2007,38(3):22-26.
- [7] 李宏. 浅谈珠三角成品油管道定向钻穿越施工质量控制要点[J]. 中国科技信息,2005,(15):31-35.
- [8] 伍小兵,童雯. 钱塘江定向钻一次穿越的应力分析[J],油气储运,2003,22(1):25-29.
- [9] 程显东,周文章. 定向钻技术在穿越特殊河流中的应用[J],施工与焊接,1999,(5):33-39.
- [10] 孙宏全,詹胜文. 定向钻穿越的冒浆分析与对策[J],石油工程建设,2007,33(2):43-48.

## Initial analysis on crossing control method by directional drilling

ZHAO Ming-hua, LU Hua-feng, QING Shuang-le

(Yangtze Three Gorges Survey Research Institute LTD, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Directional drilling through the pipeline and tunnel project is used more and more widely, but it is improperly controled, buildings on the surface and its (configuration) will take slurry, and may crack and some other adverse effects of the construction. For a better design to reduce the negative impact of the construction, the authors took Zhongxian-Wuhan gas pipeline crossing Honghu Levee as an example. Geology and engineering model were set up and failure cause of overlying soil was analyzed. Therefore, crossing control method by directional drilling was put forward.

**Key words:** directional drilling; injection pressure; uplift failure; permeation failure

本文编辑:萧 宁