

# 软土地层深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺

李永强,杨国宝

(上海隧道工程质量检测有限公司,上海市 200233)

**摘 要:**隧道间的联络通道采取合并建造开挖模式,该文主要介绍了联络通道深层搅拌法的加固和矿山法开挖构筑的施工过程。

**关键词:** 联络通道; 软土地层; 深层搅拌法; 矿山法

中图分类号:U455.4 文献标识码:B 文章编号:1009-7716(2006)04-0141-04

## 1 概述

隧道旁通道施工是隧道施工过程中的最后一道工序,技术难度很大。尤其在软土地层旁通道的施工中存在着坍塌的危险,不少工程在开挖旁通道时因技术上的失误造成了重大的损失。现结合实践经验简要介绍深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺。

该施工工艺适用于加固各种成因的饱和软粘土层,如淤泥、淤泥质、粘土和粉质粘土等,该工艺通过地面深层搅拌法,通过隧道内管片注浆孔注浆加固的方法,对开挖段进行土体加固,使土体达到设计的防水性和加固强度,然后边开挖边支护,完成整个通道的开挖工作。

## 2 施工工艺简介

深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺,按照施工的先后顺序大致分为土体加固、旁通道开挖构筑施工 2 个阶段。

收稿日期:2006-03-06

**作者简介:**李永强(1978-),男,上海人,助理工程师,主要从事检测及施工技术应用研究工作。

表 2 专家因素表

专家	因素	因素	因素	因素
	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_n$
专家 1	$W_{11}$	$W_{12}$	$\cdots$	$W_{1n}$
专家 2	$W_{21}$	$W_{22}$	$\cdots$	$W_{2n}$
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
专家 k	$W_{k1}$	$W_{k2}$	$\cdots$	$W_{kn}$

$$W_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{j1} \quad W_2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{j2} \quad \cdots \quad W_n = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{jn}$$

数据库系统中专家给定的每一个参数的权值, 根据拟合程度, 给出新的设计方案的分值, 最后得出新方案的可行性。

### 借助冻结法施工与设计方案优化数据库的建

## 2.1 土体加固

旁通道土体加固是通过降水处理、深层搅拌桩法处理,使土体达到一定的防水性和强度。其中深层搅拌桩注浆处理是通过搅拌头切削软土,并经中心管向地基土中压入固化剂,强制拌和成水泥土,以加固土体。

### 2.1.1 深层搅拌桩的加固机理

### (1) 深层搅拌桩的防水、降水处理

深层搅拌桩的作用除了土体加固外，还可减少土体的渗透性，土体中存在的地下水含量也会大大削弱深层搅拌桩的加固强度。深沉搅拌桩加固区强度随着土样含水量的降低而增大，一般情况下，土样含水量每降低 10%，则强度可增加 10~50%。因此，在加固前必须保证加固区不受地下水的影响，加固时必须对强加固区以外的地下水进行隔绝及注浆后降水处理。

对于地下水的隔绝,可采用搅拌桩来减小弱加固区的土体的渗透系数。

考虑地基加固对降水井点的破坏,必须遵循先加固后降水的原则。井点必须伸入含水层较丰富的地层,以达到降水的最大效果。降水的效果还跟地下水位的深度有关,根据实践经验,当地下水

立,设计人员就可以方便快速地查阅有关资料及对冻结方案进行优化,对确定冻结方案有重要的指导意义。

## 参考文献

- [1]A·乔伊科奇.多目标决策分析及其在工程和经济中的应用[M].北京:航空工业出版社,1987.
- [2]冯保成.模糊数学实用集粹[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [3]翁家杰,等.井巷特殊施工[M].北京:煤炭工业出版社,1991.
- [4]陈斌,等.运用模糊数学优选基坑支护方案[J].低温建筑技术,2005,3.

位位于 -28 m 以下时,降水效果就不会很明显。

## (2) 土体加固强弱的控制

加固区域强弱不同,具有不同的加固要求,而土体中水泥渗量百分比的大小(或者加入外掺剂,如水玻璃等)是控制土体加固强度的有效途径。注入水泥渗量越高,土体加固强度越高。水泥掺入比的计算公式如下:

$$\text{水泥掺量 } \alpha_w = \frac{\text{渗加水泥量}}{\text{被加固土的体积}} \quad (\text{kg/m}^3)$$

具体施工过程中,通过增加注入浆液的水泥掺量或注入土体的浆液量来控制土体中的水泥掺量。为避免水泥土强度离散性太大,一般情况下水泥掺入量应 > 7%。

### 2.1.2 加固区成桩质量的检验方法

(1) 桩身取样检验。此方法通过对土体加固的过程中,取自沟槽中置换出来的水泥土分别制作一组共 6 块 7.07 cm × 7.07 cm × 7.07 cm 水泥土试块,按照规范要求养护,到达龄期后用一组水泥土试块做抗压强度试验。

(2) 钻孔取芯试验。此方法是通过钻孔取出加固区水泥土桩芯,以观察土体加固的均匀性、和帷幕的防水性。如果取出的土样成浆液状,说明注入土体中水泥掺量还不够;如果不同深度土体颜色、干湿程度相差太多,则说明注入搅拌的不均匀性,须对弱加固区进行补加固。

## 2.2 旁通道开挖与构筑

### 2.2.1 开挖前的准备工作

(1) 安全门的设置。为了防止开挖时出现异常,在开挖之前,应设置一道安全门以防止土体塌方进入隧道。

(2) 隧道环向支撑的设置。在开挖过程中,由于开挖区土体对隧道部分区域的卸载作用,会产生隧道变形,开挖前后隧道计算模型如图 1、图 2 所示。

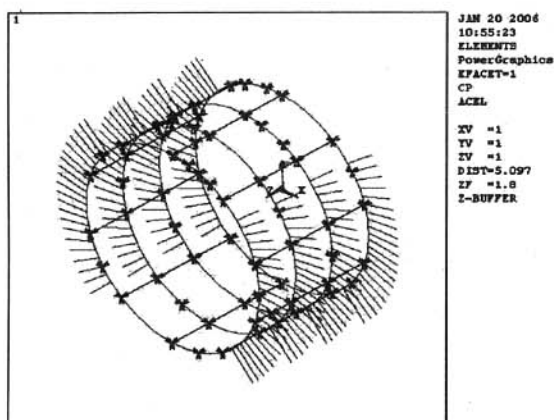


图 1 开挖前计算模型

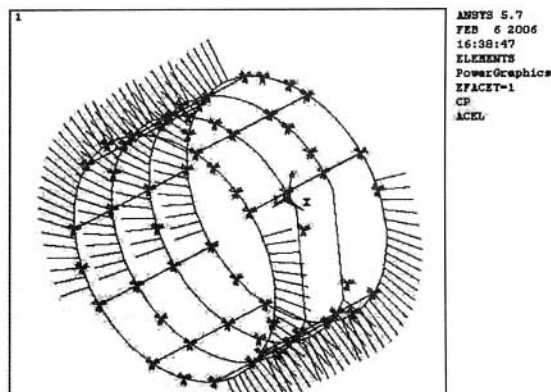


图 2 开挖后计算模型

通过 ansys 有限元计算分析,变形状态如图结果如图 3、图 4 所示。

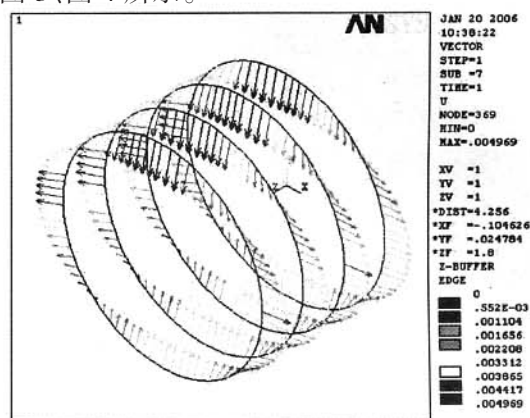


图 3 管片开挖前管片位移的计算结果

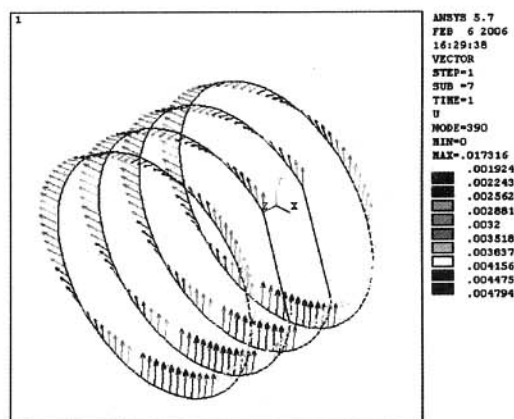


图 4 管片开挖时管片位移的计算结果

为防止隧道的开挖后的变形对管片自身的破坏,必须在钢管片开口两侧设置 2 道环向支撑,并在开挖过程中定时测量支撑的变形量。支架结构示意图如图 5 所示:

(3) 土体加固情况的钻探。为确认开挖区的加固情况,在开挖之前须对隧道内旁通道相应位置的管片处钻打探孔,观察探孔内有无水砂流出。探孔应打设到加固区内桩与桩交接最差处,来探测加固强度和防渗性。当加固强度和抗渗性未能达到设计要求时,必须进行隧道内旁通道处超前小

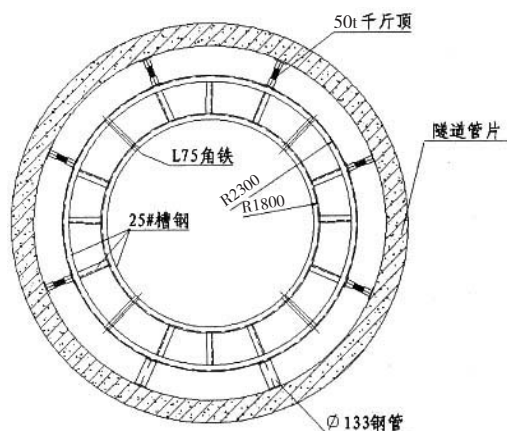


图 5 支架结构示意图

导管预注浆。可根据现场地质情况,采用拱顶布设和开挖面周边满布两种方式。注浆采用普通水泥浆、超细水泥浆、双液浆 3 种。根据地层的不同分别注普通水泥浆或超细水泥浆,如发现注浆量很大、注浆压力达不到要求时,应采用注双液浆来充空隙,以防止浆液大量流失。

一般在盾构法施工过程中影响旁通道加固强度的因素主要有以下几点:

(1) 盾构穿越加固区施工对加固土体的影响。

在盾构穿越加固区时,盾构对隧道周围的加固土体会产生一定的扰动和切削破坏,而且盾构刀盘加水量对周围土体的强度也会产生很大的影响。隧道旁通道探孔的“喷涌”现象就是因为盾构穿越加固区时刀盘注水过量所致。

(2) 施工质量对土体加固的影响。

深层搅拌桩注入加固时,注浆管路喷射在加固区域内提升速度不同,造成土体加固不均匀。此外,桩位定位误差、钻杆垂直度、水泥浆液质量也是影响加固强度的重要因素。

(3) 加固区土体过多的含水量会导致对加固土体强度的消弱作用。

加固土体中的地下水对于注入的水泥浆液起到一定的稀释作用,地下水使土体呈一定的流动性,大大降低加固土体的强度,容易产生塌方现象。当土的含水量从 157% 降低至 47% 时,无侧限抗压强度则从 260 kPa 增加到 2320 kPa。

当发现加固后的土体强度和防渗性没有达到设计要求,采用补注双液浆的方法,保证土体的稳定性及开挖的安全性。

### 2.2.2 土体开挖及临时支护施工

开挖过程中,为避免因长距离大断面挖掘而导致隧道变形及塌方,一般充分利用加固土体的自承作用,进行边开挖边支护。旁通道开挖掘进采取分区分层方式进行,其施工顺序如图 6 所示,先

开挖“1”通道,再开挖“2、3”喇叭口,最后开挖“4”集水井。对于 4 区的开挖,考虑到集水井下部埋深较深,极易产生涌水砂现象,通常在第 1、2、3 开挖区钢筋混凝土结构构筑完成后,方可进行第 4 开挖区的开挖工作。

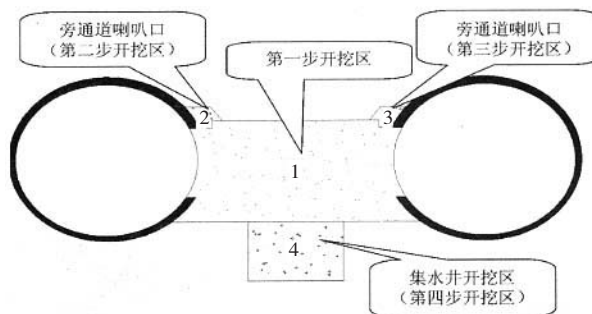


图 6 旁道开挖顺序图

分层开挖的优点:便于临时支撑,有效缩短 2、3 区大跨度喇叭口区域的支护时间。同时也缩短了 2、3 区土体对隧道卸载作用效应的时间。

一般来说,深层搅拌法加固,加固土强度较高,加固体承载能力大,因而开挖时可采用全断面一次开挖。开挖步距视加固土情况而定。

开挖时,先根据旁通道位置测量定位,进行开挖区土体凿除,尽量避免“超挖、欠挖”,当开挖一定长度后进行断面支护,土体支护前开挖暴露段的土体的长度视加固土体的情况而定,支护结构见图 7、图 8。

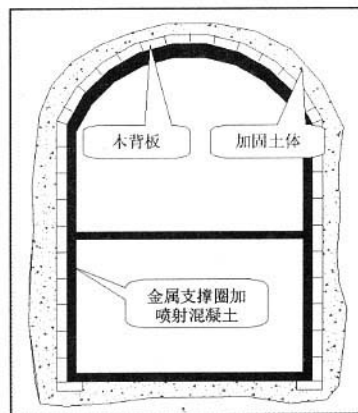


图 7 临时支护结构图

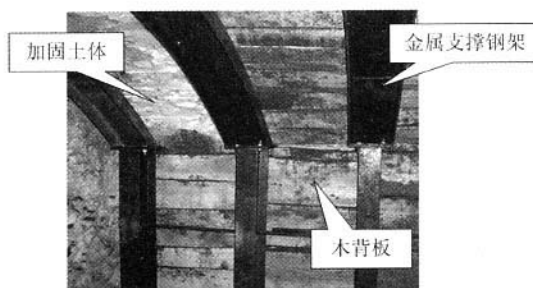


图 8 临时支护施工图



在进行开挖和临时支护时应注意以下几点:

(1)在开挖及支护过程中,必须注意周围土体的稳定性,观察是否有漏水、漏泥的现象。为有效控制涌水、涌砂现象发生,应进行超前地质探测。在超前地质探测过程中,一旦发生局部涌水、涌砂现象,按先堵砂后封水的原则,使用棉纱、木板、钢筋条先堵住涌砂,在周边打孔注浆封堵,对前方土体进行二次加固。对于在开挖过程中出现的涌水、涌砂现象无法得到有效制止时,必须尽快对临时支护区进行回填,并尽快关闭安全门,见图 9。

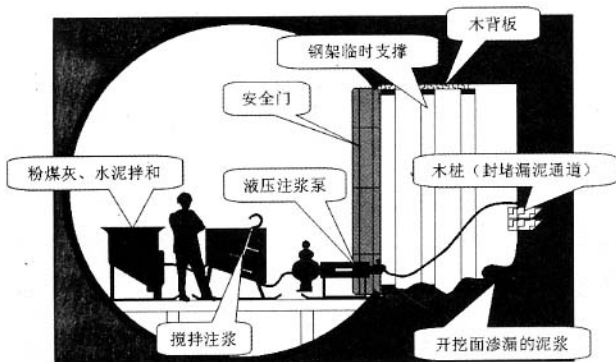


图 9 二次加固注浆示意图

(2)对于小块超挖区用木块垫实或木楔塞紧,保证把洞室顶部土体的自重及侧墙侧向力传递至支护结构,保证支护结构及加固土体的共同承载。

(3)必须保证支护结构的稳定性。为了保证其结构的稳定性,相邻两排支架间通常加横撑增强稳定性。

(4)对于 2、3 区开挖时,由于该区的开挖宽度比其它区域要大,极易出现塌方现象,而且该区也比较接近于加固土体的边缘区域,为开挖喇叭口的安全,通常可通过锚杆来保证扩大喇叭口的安全,并预埋注浆管,必要时进行壁后充填,可以防止地面及隧道的沉降。

(5)通道支护及结构层施工时,在背板和加固土之间、防水层和结构层之间预埋注浆管,作最后充填注浆用。

### 2.2.3 永久支护的构筑施工

永久支护的施工按施工顺序分为:止水带施工→防水层施工→钢筋绑扎→立模板→浇灌混凝土→注浆孔布置和固定→注浆。

## 3 结语

软土地层深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺虽然在不少工程中应用,但在具体施工过程中,常常由于注浆不均匀而造成对土体加固的影响。同时开挖时须结合隧道变形的测量及地面沉降的数据进行相应的措施,严格把握每道工序,保证施工质量,以免发生事故。

## 大连计划修建我国第一条永磁悬浮列车线

近日,大连永磁悬浮课题组对外披露,经过 10 余年的时间,磁动机技术已经研发成功,年内计划在大连市开始修建一条 3 km 长的永磁悬浮线路,这将是我国第一条永磁悬浮列车线路,我国拥有完全自主知识产权。

大连永磁悬浮课题组首席科学家李岭群说,目前研制出了两类磁动机,最高运行速度可达每小时 536 km,已经在“中华 6 号”轻型吊轨磁悬浮技术验证车上试用成功。

他说,磁动机依靠磁场产生吸力或拉力,从而驱动磁悬浮列车的运行或制动,它均布在列车动力舱内,是永磁悬浮列车的核心技术之一。

大连即将修建的这条 3 km 长永磁悬浮线路,其具体位置,目前没有最终确定。这条线路主要作为永磁悬浮技术在实际应用中的一个检测线,并不排除同时具备旅游观光用途的可能。这条线路可能会考虑修建在海边,或离海边不远的位置,这样旅客坐在车中体验永磁悬浮列车的同时,也可以欣赏到大连美丽的海景。

目前世界上有三种类型的磁悬浮。一是以德国为代表的常导电式磁悬浮,二是以日本为代表的超导电动磁悬浮,这两种磁悬浮都需要用电力来产生磁悬浮动力。而第三种,就是我国的永磁悬浮,它利用特殊的永磁材料,不需要任何其他动力支持。