

# 浅谈上海浦东地区 SMW 工法的设计与施工

夏莉, 顾彬, 唐展言, 徐洪新

(1.浦东新区建设工程安全质量监督署, 上海市 200135; 2.浦东新区建设(集团)有限公司, 上海市 200136;  
3.浦东新区建设监理有限公司, 上海市 201206; 4.浦东新区张江建筑安装有限公司, 上海市 201203)

**摘要:** 该文介绍了上海浦东地区工程中采用 SMW 工法的经验, 论述了该工法设计施工中二轴、三轴 SMW 工法的要点问题。

**关键词:** SMW 工法; 施工技术; 二轴; 三轴; 上海市

**中图分类号:** TU472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)05-0111-03

## 1 概述

上海地区地处长江下游淤积平原区, 地势平坦。从地层分布和成因来看, 埋深 30~40 m 内遍布滨海、浅海相沉积层, 沉积层由饱和松软的粘土、淤泥质粘土和淤泥质粉质粘土层组成。局部地区, 如黄浦江畔的浦东岸边和苏州河以北的局部地区有中细砂、粉砂等土层组成。目前上海浦东地区的 SMW 工法基本在这些土层内作为基坑的围护结构施工。

常用的施工机械有二轴、三轴搅拌机, 这种特殊的地基加固施工机械的施工步骤是:

(1) 孔位定位, 用塔架悬吊搅拌机到达指定桩位, 并对中桩位;

(2) 准备搅拌下沉, 用输浆胶管把出罐砂浆泵同深层搅拌机接通, 启动搅拌电机, 放松塔架钢丝绳, 使搅拌机传动设备自重, 沿导向架搅拌切土下沉, 下沉速度可由电机的电流监测表控制;

(3) 制备水泥浆, 按设计要求, 配制水泥浆液;

(4) 喷浆搅拌提升, 深层搅拌机下沉到设计深度后, 开启灰浆泵将水泥浆从搅拌机中心管不断压入地基中, 边喷浆边搅拌, 直至提出地面完成一次搅拌喷浆过程, 同时严格按照设计确定的提升速度提升深层搅拌机;

(5) 重复上下搅拌, 深层搅拌机提升至设计深度的顶面标高时, 集料斗中的水泥浆应正好排空, 为使软土和水泥浆搅拌均匀, 可再次将搅拌机边旋转边沉入土中至设计加固深度后, 再将搅拌机提出地面, 即完成一根柱状加固体, 一根接一根搭接, 连成壁状加固体, 二轴搅拌为“二喷三搅”, 三轴为“二喷二搅”, 如三轴搅拌土强度不够, 可实行重叠套打;

(6) 清洗, 向集料斗中注入适量清水, 开启灰浆泵, 清洗全部管路中残存的水泥浆, 直至基本干净;

(7) 移位, 移位到下一根桩位, 重复上述(1)~(6)步骤。

这种实施双轴搅拌和三轴搅拌的水泥土深层搅拌桩施工工艺简称 DMM 工法 (Deep Mixing Method)。此工法, 能就地将水泥浆液与原状土搅

收稿日期: 2006-06-26

作者简介: 夏莉(1972-), 女, 上海人, 工程师, 从事安全质量监督工作。

法包括埋弧自动焊及 CO<sub>2</sub> 气体保护焊等多种焊接方法, 焊缝间隙 b 值为 0 mm ~ 27 mm, 覆盖了大沽桥钢结构的所有焊接接头形式。焊缝焊接施工完成后, 根据规范和设计要求对各级焊缝进行射线拍片 RT 检测、超声波 UT 检测、磁粉 MT 检测, 确保了焊缝质量。

在大沽桥钢箱梁焊接施工中存在一项技术难点: 60 mm 厚钢板焊接技术。对于厚板焊接技术, 国内外缺少完备的资料, 且施工中钢板厚度通常在 56 mm 以下, 但大沽桥工程中存在 700 多 t 的钢箱梁, 采用 60 mm 厚的钢板。对于 60 mm 厚钢板的焊接, 在施工中采取预热及后热处理措施, 防止产生裂缝并加强消氢处理; 选择合理的焊缝形

式, 减小焊接变形; 合理的安排装配焊接顺序, 并采用反变形法、刚性固定法来减小变形; 在现场焊接时, 严格对焊缝两侧进行清理, 而后施焊; 为减小焊接变形, 现场焊缝采用双面坡口, 通过预留人孔, 做到双面焊接; 对人孔焊缝采用内部加衬垫熔透焊接保证焊缝强度。

## 6 工艺效果

全桥钢箱梁安装精度良好地控制在允许误差范围内, 桥梁的线型及结构应力均满足设计要求。安装工艺的优化不仅节约了近 150 万元的大型机械费用, 也提高了施工技术水平。



拌混合成具有一定的整体性、抗渗性和强度的水泥土。

经此工法改良后的混合土具有的强度:

水泥土的设计抗压强度:  $f_c = q_{u28/2}$

水泥土的设计抗剪强度:  $\tau_s = q_{u28/6}$

水泥土的渗透系数:  $k = 10^{-7} \sim 10^{-8} \text{ cm/s}$

当设计无试验条件时, 推荐水泥土的弹性模量  $E_{50}$ , 可按试验所得的经验公式取值:

$$E_{50} = (70 \sim 220) q_{u28}$$

SMW(Soil Mixing Wall)工法, 也被称为搅拌土地下连续墙工法, 它是在一排相互连续搭接(通常搭接 20 cm)的水泥土搅拌桩中插入加强芯材(通常用 H 型钢)的一种地下搅拌连续墙施工技术。应用 SMW 工法支护结构开挖基坑深度, 目前上海浦东地区, 对于圆形轴对称结构, 用二轴搅拌的维护结构, 开挖深度可达 12.0 m。

“H”型钢的入土深度  $D_H$ , 水泥土桩的入土深度  $D_c$ , 由基底的抗隆起、防管涌发生的条件、变位的允许值等决定, 同时应满足  $D_c > D_H$ 。

## 2 SMW 工法的设计与施工

目前上海浦东地区工程建设中所采用的 SMW 工法有二轴、三轴两种, 在粘性土层中二轴、三轴普遍适用; 若在粉砂、细砂土层中进行搅拌桩施工, 需在试验室由搅拌土样的配比试验得出结论后再搅拌施工。目前经常遇到的 SMW 工法有: 在二轴搅拌土中半穴满堂插 H 型钢、半穴一隔一插 H 型钢; 在三轴搅拌土中全穴满堂插 H 型钢、全穴一隔一插 H 型钢数种型式, 如图 1 ~ 图 4 所示。

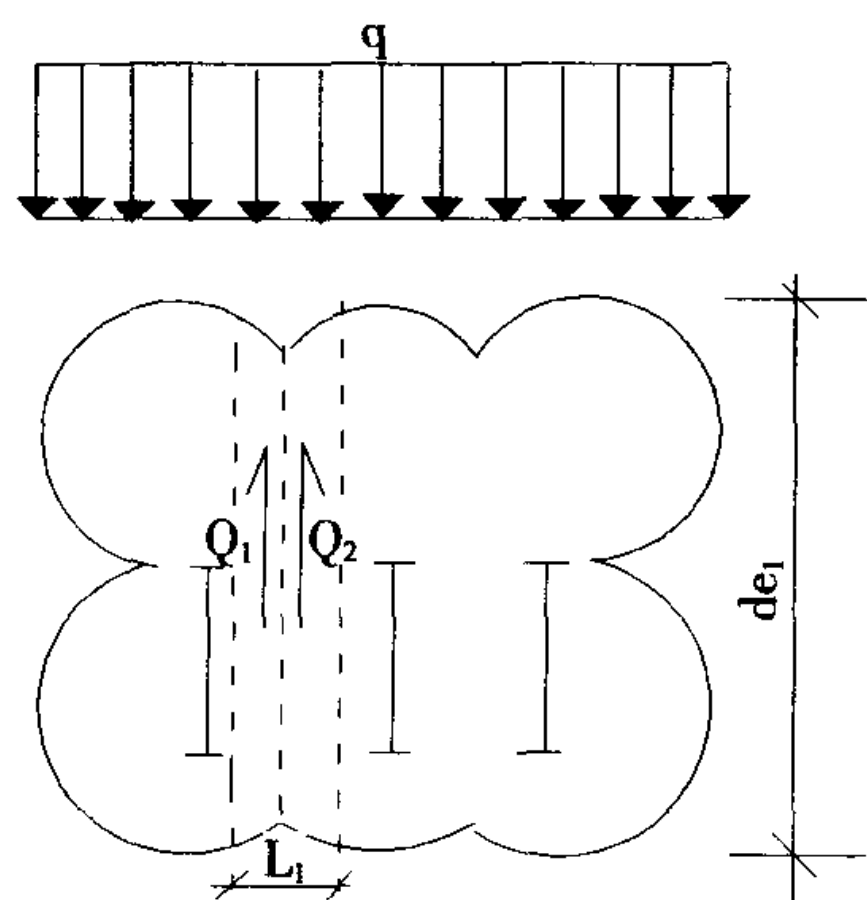


图1 二轴搅拌穴满堂型钢与水泥土间错动剪切破坏验算图

### 2.1 二轴 SMW 工法的设计与施工

用二轴搅拌机施工围成的挡土墙, 目前大多搅拌深 18 m, 对于轴对称结构的圆形基坑, 当开挖深度在 12.0 m 左右时, 大多先在地面挖深 2.0 ~ 3.0 m 后, 再进行搅拌桩施工, 以适应这种

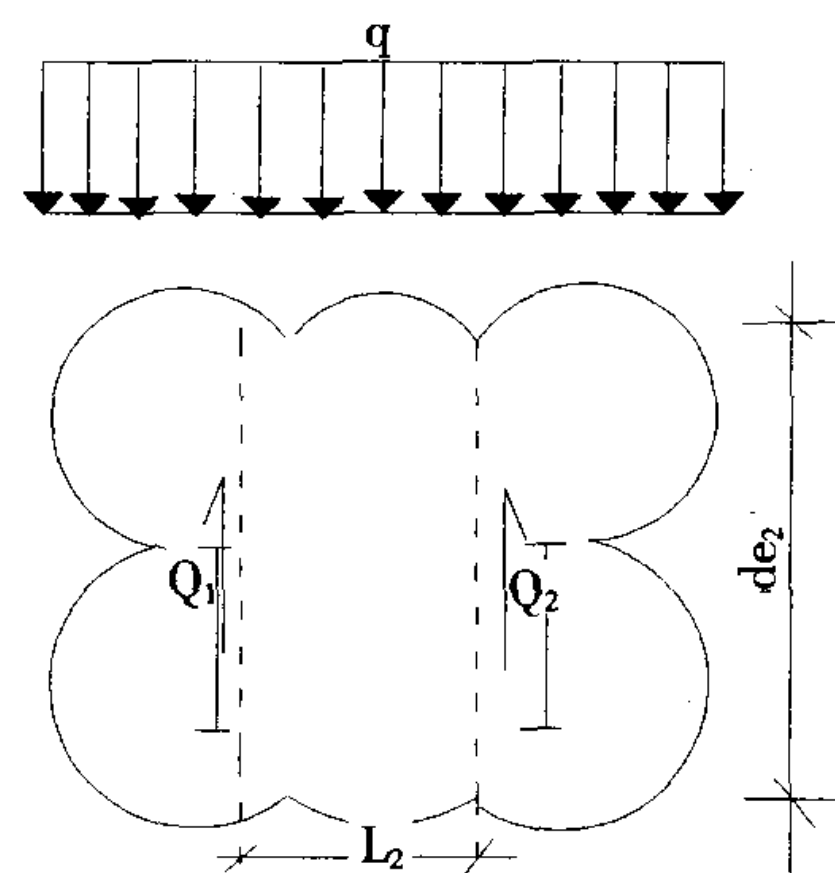


图2 二轴搅拌半穴1隔1型钢最薄弱截面剪切破坏验算图

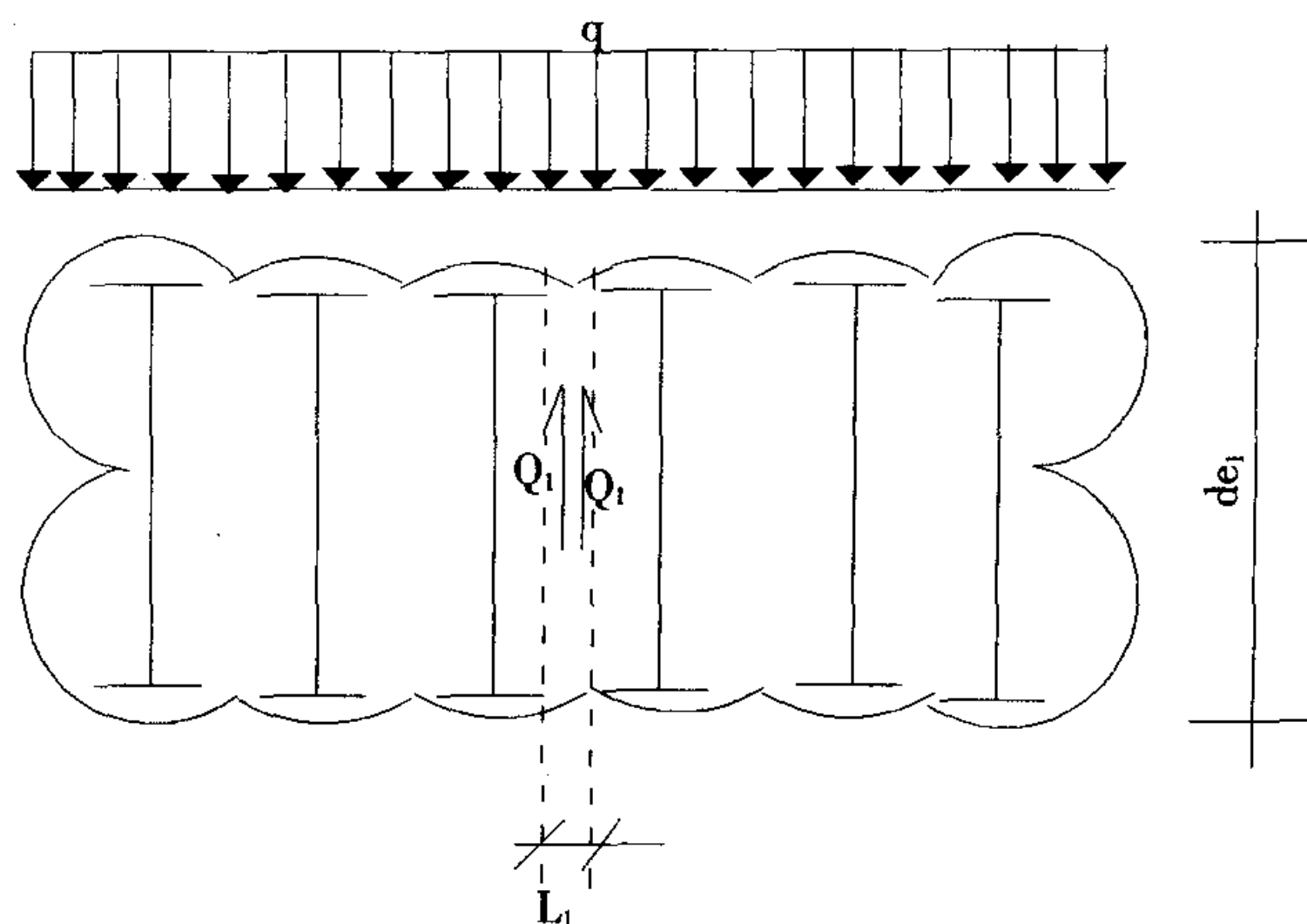


图3 三轴搅拌满堂型钢与水泥土间错动剪切破坏验算图

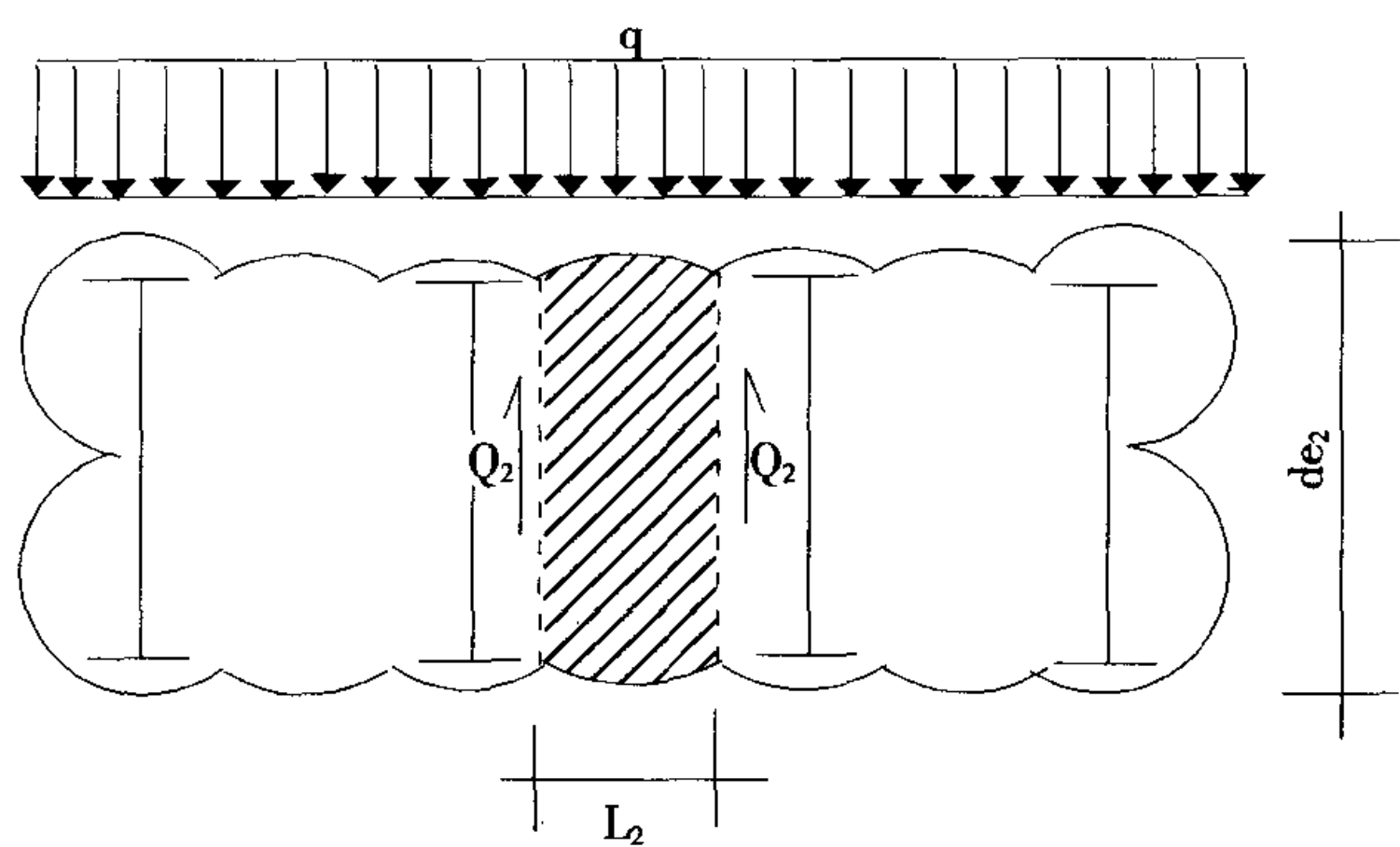


图4 三轴搅拌1隔1型钢最薄弱截面剪切破坏验算图

二轴搅拌机的效能。这在上海浦东地区已多次进行设计和施工过, 如在 1997 年浦东陆家嘴滨江大道所作的顶管工作井, 2004 年张江 1#、2# 泵站的顶管工作井的设计和施工, 均采用此工法, 均取得了良好效果。

(1) 对周围地层影响小, 由于是水泥浆在原状土中搅拌混合而成墙体, 不存在孔壁坍塌现象, 因而对周围环境影响很小;

(2) 防渗性好, 水泥土本身的渗透性极小 ( $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{ cm/s}$ ), 由于搅拌叶片交互配置, 搅拌形成了均匀连续的墙体, 从而提高了墙体的抗渗性能。

(3) 与地下连续墙相比, 它不需挖槽、泥浆护壁制作、安放钢筋笼和水下混凝土浇筑。与钻孔桩



施工相比,它不需钻孔、泥浆护壁、制作安放钢筋笼和进行水下混凝土浇筑。因此,此工法施工比上述其它工法施工工期可大大缩短;

(4)不需要泥水处理,残土处理较少,无泥浆污染,施工作业面较小,有利于施工现场的有序管理;

(5)噪音及振动很小,便于文明施工;

(6)具有良好的社会效益和经济效益。

## 2.2 三轴 SMW 工法的设计与施工

三轴搅拌桩在上海地区引进的历史较短,大型工程中的施工还不是很多,三轴搅拌桩的成桩工艺与二轴搅拌桩有很大的不同:

(1)第二次搅拌下沉和提升速度应控制在第一次喷浆搅拌下沉速度 1.0 m/min 范围内,第二次喷浆搅拌速度控制在 0.4 m/min 左右,并保持匀速提升;

(2)型钢水泥土搅拌墙的质量检查和验收分成墙期监控、成墙验收和基坑开挖期质量检查三个阶段;

(3)根据工程习惯,搅拌桩水泥土的强度,一般以龄期 28 d 的无侧限抗压强度为标准,水泥渗入比取值一般  $\geq 20\%$ ,比二轴水泥用量搅拌均匀,根据少数工地的统计,其无侧限抗压强度标准值  $q_{u28} \geq 1.0$  MPa 上;

(4)搅拌机的搅拌转速有高低两档转速,高档转速 35 ~ 40 r/min,低档转速 16 r/min,并使每米长度的水泥土总搅拌时间大于 3 min。目前,上海地区,搅拌墙施工深度达到 32 m,型钢插入深度约 30 m 左右,如果搅拌土墙的防渗要求达不到设

计强度,可以采取套打的形式。

(5)型钢水泥土搅拌墙的弯矩、剪力,全部由型钢承担,搅拌土作为防水围幕,当型钢一隔一设置时,为使搅拌土防水围幕稳定,应对水泥土搅拌墙按最薄弱断面的局部抗剪验算。

## 3 结语

(1)SMW 工法以搅拌土为基料,H 型钢为劲性钢材,作基坑围护结构,共同承担基坑的稳定。但目前,由于地质条件的变化,环境条件不同,为安全起见,H 型钢单独承担弯矩、剪力,而搅拌土作为防水围幕,在施工期起到止水、不产生流砂等作用;

(2)二轴 SMW 工法在上海地区施工中应用了较长时间,特别是圆形工作井,深度  $\leq 12$  m,逆筑内衬,使用时间较长,取得了比较多的经验,也取得了较多的设计施工经验,但三轴搅拌机使用时间较短,还需继续积累、总结经验。

(3)过去对二轴、三轴搅拌土进行现场强度实测的比较少,以后多做些十字板试验、 $P_s$  试验,统计各种条件下的现场实测和室内试验的对比。

### 参考文献

- [1]上海隧道工程股份有限公司施工技术研究所.型钢水泥土复合搅拌桩支护结构的研究.1997.
- [2]王健,夏明耀,付德明.H 型钢-水泥土组合围护结构的设计与计算方法[J].同济大学学报,1998.12.
- [3]DGJ 08-116-2005,型钢水泥土搅拌墙技术规程(试行).

# 中国第一条全自动地铁线预计奥运前通车

到奥运会前,北京旅客去机场就可乘坐全自动的机场轨道线了,这将成为中国第一条全自动地铁列车,其时速可达 110 km。届时,从东直门到首都机场只需要不到 20 min。机场轨道交通线预计将于 2008 年 8 月 1 日竣工并投入运营。

据了解,北京轨道交通首都国际机场线(俗称国门线),与法国阿尔斯通联合体近日签署正式协议,为“国门线”安装基于通信的列车自动控制系统。“国门线”全长 28 km,包括 4 座车站和 1 个车辆段,预计在奥运前夕将以时速 110 km 往返于北京机场和市中心。“国门线”起点在东直门交通枢纽地下,途经北京市东城、朝阳、顺义三个行政区,与地铁二号线、十号线和城铁十三号线形成换乘关系,分别设有东直门站、三元桥站、机场 t3 站和 t2 站四站。

此外,法国阿尔斯通联合体将为机场线提供一个基于无线电通信技术的先进列车自动控制系统,这也是我国首次采用通信全自动化控制系统的地铁列车。