

傅鹤林 董 辉 邓宗伟 编著 陈杰刚 主审

# 地铁安全施工

Ditie Anquan Shigong Jishu Shouce

## 技术手册



人民交通出版社



Ditie Anquan Shigong Jishu Shouce  
地铁安全施工技术手册

傅鹤林 董辉 邓宗伟 编著  
陈杰刚 主审

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书根据地下铁道工程、城际铁路工程和市政工程的相关技术规范,从安全施工角度,对地铁工程中的施工技术进行了详细论述。全书共10章,主要内容包括:地铁施工策划与组织、地铁施工超前地质预报与围岩分级、盾构机选型、暗洞开挖、地铁衬砌施工与质量控制、地铁防水、地铁通风、地铁监控量测、地铁施工质量检测等。

本书可供从事地铁工程相关的设计、施工、检测、管理技术人员参考、使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

地铁安全施工技术手册/傅鹤林,董辉,邓宗伟编  
著. —北京:人民交通出版社,2012.11  
ISBN 978-7-114-10123-6

I. ①地… II. ①傅…②董…③邓… III. ①地下铁道—工程施工—安全技术—技术手册 IV. ①U231-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 236672 号

书 名: 地铁安全施工技术手册  
著 者: 傅鹤林 董 辉 邓宗伟  
责任编辑: 丁润铎 黎小东  
出版发行: 人民交通出版社  
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>  
销售电话: (010)59757969,59757973  
总 经 销: 人民交通出版社发行部  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京市密东印刷有限公司  
开 本: 787×1092 1/16  
印 张: 16.25  
字 数: 383 千  
版 次: 2012年11月 第1版  
印 次: 2012年11月 第1次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-10123-6  
定 价: 50.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 《地铁安全施工技术手册》

## 编审委员会

主 编:傅鹤林 董 辉 邓宗伟

副 主 编:韩汝才 施成华 袁海清 周 宁 黄陵武

周利金

主 审:陈杰刚

参编单位:中南大学

福建工程学院

湘潭大学

湖南城市学院

中铁隧道股份有限公司

西南林业大学

湖南省高速公路管理局

交通运输部公路科学研究院

长沙市建筑工程安全监察站

参编人员:张庆文 欧阳刚杰 郭 磊 何贤锋 付文辉

刘运思 饶军应 袁 维 何翊武 毛阿立

张敬宇 朱显镇 李冬霞 马 婷 欧阳大任

徐 武 高劲松 郑刚强 孙明国 周 明

张海明

# 前 言

地铁是解决城市交通问题的主要工具和手段之一。随着经济的飞速发展和城市化的进度加快,我国目前有 20 多个城市正在修建地铁。但由于工程地质和水文地质条件复杂,地铁施工出现不少安全事故。如何确保地铁施工安全,成为摆在地铁科技工作者前面的一道迫切需要解决的技术难题。在多个地铁工程实践的基础上,作者结合有关地铁的科研成果及地铁相关技术规范,编著了《地铁安全施工技术手册》,力求为地铁的设计、施工和运营管理提供技术支持。

本书的编著依托历时多年的联合攻关和集成创新。此外,通过地铁项目研究,先后还有 10 多名博士生、硕士生参与课题并完成了相关论文,并取得了系列研究成果。

本书由傅鹤林、董辉、邓宗伟等编著。在编写过程中,编著者引用了傅鹤林、邓宗伟、董辉、周宁、黄陵武和张庆文等的科研课题的部分研究成果,引用了傅鹤林所指导的博士研究生和硕士研究生郭磊、何贤锋、尹光明、黄陵武、王佳的学位论文的部分研究成果;研究生袁维、刘运思、何翊武、毛阿立、张敬宇、曹琦、王佳、何小波、饶军应、欧阳刚杰和李文博等在书稿编写过程中进行了校对、绘图、打印工作。

本书在完成过程中,得到了教育部、铁道部、中南大学和合作单位的悉心指导与大力支持,得到曾庆元院士和李亮教授的热情指导,并得到福建省教育厅闽江学者特聘教授奖励计划的资助。长沙市建筑工程安全监察站陈杰刚站长审阅了本书,并提出了宝贵意见。在本书的编写过程中,编著者参考了许多国内外文献及研究成果,有些未能一一列出,在此一并感谢!

由于编著者水平有限,不妥之处,敬请指正。

编著者

2012 年 9 月

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第 1 章 地铁施工策划与组织          | 1   |
| 1.1 编制说明                 | 2   |
| 1.2 主要工程概述               | 4   |
| 1.3 基坑围护结构施工             | 8   |
| 1.4 降水施工                 | 14  |
| 1.5 土方开挖                 | 18  |
| 1.6 主体结构施工方案             | 21  |
| 1.7 车站主体结构施工方法及工艺        | 22  |
| 第 2 章 地铁施工超前地质预报与围岩分级    | 47  |
| 2.1 地铁施工超前地质预报的基本内容      | 47  |
| 2.2 超前地质预报设计             | 49  |
| 2.3 超前地质预报实施             | 50  |
| 2.4 地质调查法                | 55  |
| 2.5 超前钻探法                | 58  |
| 2.6 物探法                  | 60  |
| 2.7 应用举例(TGP 地铁地质超前预报系统) | 72  |
| 2.8 地铁围岩分级               | 78  |
| 第 3 章 盾构机选型              | 85  |
| 3.1 盾构选型                 | 85  |
| 3.2 拟选盾构机对本工程的适应性        | 85  |
| 3.3 拟选盾构机主要部件选型及性能简介     | 86  |
| 3.4 盾构关键参数的计算            | 92  |
| 第 4 章 暗洞开挖               | 104 |
| 4.1 地铁工程盾构法开挖及支护         | 104 |
| 4.2 地铁工程浅埋矿山法开挖及支护       | 107 |
| 4.3 地铁工程沉管法施工            | 123 |
| 第 5 章 地铁预支护及预加固          | 128 |
| 5.1 管棚                   | 128 |
| 5.2 超前小导管                | 135 |

|             |                          |            |
|-------------|--------------------------|------------|
| 5.3         | 超前锚杆 .....               | 137        |
| 5.4         | 围岩注浆加固 .....             | 139        |
| <b>第6章</b>  | <b>地铁衬砌施工与质量控制</b> ..... | <b>143</b> |
| 6.1         | 初衬施工与质量控制 .....          | 143        |
| 6.2         | 二衬施工与质量控制 .....          | 147        |
| 6.3         | 管片制作和安装 .....            | 151        |
| <b>第7章</b>  | <b>地铁防排水</b> .....       | <b>155</b> |
| 7.1         | 地铁围岩渗漏水的注浆处理 .....       | 155        |
| 7.2         | 施工缝、变形缝防排水技术 .....       | 159        |
| 7.3         | 地铁防水层及排水系统施工技术 .....     | 161        |
| 7.4         | 防水混凝土施工 .....            | 166        |
| 7.5         | 二衬背后回填注浆堵水技术 .....       | 170        |
| 7.6         | 全过程防水实施流程 .....          | 173        |
| 7.7         | 防排水施工管理 .....            | 182        |
| <b>第8章</b>  | <b>地铁通风</b> .....        | <b>186</b> |
| 8.1         | 地铁施工通风的目的与相关卫生标准 .....   | 186        |
| 8.2         | 地铁施工通风方式 .....           | 187        |
| 8.3         | 地铁施工通风设计 .....           | 191        |
| 8.4         | 地铁施工通风检测 .....           | 201        |
| <b>第9章</b>  | <b>地铁监控量测</b> .....      | <b>205</b> |
| 9.1         | 车站基坑开挖过程的监控量测 .....      | 205        |
| 9.2         | 地铁工程盾构法开挖的监控量测 .....     | 214        |
| 9.3         | 地铁工程浅埋矿山法开挖的监控量测 .....   | 223        |
| <b>第10章</b> | <b>地铁施工质量检测</b> .....    | <b>230</b> |
| 10.1        | 地铁常见的质量问题 .....          | 230        |
| 10.2        | 超前支护及加固堵水注浆施工质量检测 .....  | 230        |
| 10.3        | 防排水材料施工质量检测 .....        | 232        |
| 10.4        | 盾构法施工质量检测 .....          | 234        |
| 10.5        | 地铁车站围护结构质量检测 .....       | 235        |
| 10.6        | 暗挖法区间施工质量检测 .....        | 238        |
| 10.7        | 混凝土施工质量检测 .....          | 241        |
|             | <b>参考文献</b> .....        | <b>248</b> |

# 第1章 地铁施工策划与组织

施工组织设计是地铁安全施工的重要内容。不同地铁的施工组织设计会有不同,主要内容包  
括:施工准备、施工组织设计、场地布置、进度计划等。

## 1) 施工准备工作内容

- (1) 确定施工组织机构及人员配备。
- (2) 交接桩、复测及洞口投点等。
- (3) 对设计中需要变更与改进的地方,向建设单位和设计单位提出建议,并通过协商进行  
修改。
- (4) 编写指导性施工组织设计。
- (5) 根据拟定的施工方法,进行施工机械配备、建筑材料准备。

## 2) 技术准备工作的内容

- (1) 熟悉、审查图纸及有关设计资料。
- (2) 调查研究、收集资料:
  - ① 社会调查。了解当地政治、经济、居民情况及风俗习惯等。
  - ② 自然条件调查。
  - ③ 技术经济条件调查。
- (3) 交接控制测量的基桩资料,并做好复测和核对工作,在此基础上定出车站的中线和高  
程基桩。
- (4) 根据补充调查等重新掌握的情况,改进施工设计。
- (5) 编制施工组织设计和制订施工方案,进行有关施工补充设计。
- (6) 编制施工预算。

## 3) 现场基本条件及物质准备

- (1) 三通一平:路通、水通、电通,场地平。
- (2) 相关设施:如压缩空气供应系统、修理车间等。
- (3) 物资准备:原材料、构件加工设备、施工机具等。
- (4) 实施性施工组织设计  
施工单位中标后,应编制实施性施工组织设计,以用于指导具体施工。  
实施性施工组织设计的内容与指导性施工组织设计相似,但更具体、更详细。

## 4) 施工进度计划的编制

施工进度计划的编制按以下步骤进行:

- (1) 划分工序。
- (2) 计算各工序的工程量。



- (3)计算各工序的劳动量。
- (4)计算生产周期。
- (5)安排施工进度。
- (6)检查和调整进度计划。
- (7)资源需求量计划及其他图表。
- (8)特殊地段施工进度图。

下面以郑州市轨道交通 1 号线一期工程为例,对地铁施工组织设计进行详细介绍。

## 1.1 编制说明

### 1.1.1 施工组织编制依据

- (1)郑州市轨道交通 1 号线一期工程土建施工(01~07 标段)招标文件。
- (2)郑州市轨道交通 1 号线一期工程土建施工(01~07 标段)补充招标文件。
- (3)郑州市轨道交通 1 号线一期工程二七广场站施工招标设计图。
- (4)郑州市轨道交通 1 号线一期工程市体育馆站施工招标设计图。
- (5)郑州市轨道交通 1 号线一期工程中原东路站~郑州火车站站区间施工招标设计图。
- (6)郑州市轨道交通 1 号线一期工程郑州火车站站~二七广场站区间施工招标设计图。
- (7)郑州市轨道交通 1 号线一期工程二七广场站~市体育馆站区间施工招标设计图。
- (8)郑州市轨道交通 1 号线一期工程市体育馆站~紫荆山站区间施工招标设计图。
- (9)国家现行技术规范、标准及郑州市现行相关地方规范、标准及文件。
- (10)在建类似工程的施工经验。
- (11)现有的施工管理水平、技术水平和机械设备配套能力。
- (12)现场勘察资料。

### 1.1.2 施工组织编制原则

#### 1) 总体原则

- (1)认真贯彻党和国家对基本建设的各项方针和政策。
- (2)严格遵守国家和合同规定的工程竣工要求及交付使用期限。
- (3)合理安排工程施工顺序。

因此,在认真阅读招标文件的基础上,详细分析本工程设计特点及类似工程的施工经验,依据相关设计要求和施工规范,充分发挥现有的施工管理、技术水平和机械设备配套能力。

#### 2) 经济合理的原则

针对工程的实际情况,本着经济、可靠、合理的原则比选施工方案,并配备足够数量适合本工程施工的机械设备和资源以满足施工要求;对整个施工过程实施信息化动态管理,从而达到合理组织和不断优化施工方案,确保按期、按质完成施工任务。

#### 3) 技术先进和可靠性原则

根据本工程的特点,吸收国内外类似工程设计、施工和管理的成熟技术,结合以往施工经

验,针对本工程地质条件选用先进和具有优异性能的施工机械,并采取可靠性高、可操作性强的施工技术方案进行施工,确保工程质量、安全、工期、文明施工等满足招标文件要求。

#### 4) 质量保证原则

采用 ISO9002 标准全方位控制施工过程,建立完整的质量管理体系和控制程序,严格进行质量管理与控制,明确工程质量方针和质量目标,结合本工程特点与实际制订切实可行、有效的工程质量保证措施,确保工程质量在国内同类工程中达到领先水平。

#### 5) 工期保障原则

根据业主对本工程的工期要求,施工过程中合理安排工期,合理配置资源,科学组织施工,使本项目的资源能得以充分利用;根据总体工期的安排,分解工期节点目标,编制年度计划、季度计划和周进度计划,做到各项分部工程施工衔接有序,以确保各阶段施工计划和总体施工计划的实现,从而保证工程的按期完成。

#### 6) 环保原则

施工过程中按照 ISO14000 标准,建立环境管理体系和控制程序,进行环境管理。①充分调查和重视周边环境情况,紧密结合环境保护进行施工;②切实作好工程环境的保护工作,建设“绿色工地”,实施“绿色施工”;③减少废气、振动、噪声、扬尘污染,杜绝随意排放污水、胡乱丢弃建筑垃圾等;④按照当地和业主要求高度重视余泥的运输、防护和排放管理,做到合理利用、节约耕地。

#### 7) 以人为本的原则

施工过程贯彻 ISO18000 标准,建立健全消防、安全、保卫、健康管理体系和控制程序并严格执行;同时尊崇以人为本的施工宗旨,维护和保障施工人员的健康与安全。

### 1.1.3 工程位置

郑州市轨道交通 1 号线土建施工 03 标段位于郑州市中心城区,起始于中原东路与大学路路口,穿越京广铁路、郑州火车站,经过二七广场,沿人民路向东北方向延伸到达紫荆山站。紫荆山站位于位于金水大道与人民路路口处。项目地理位置见图 1.1-1 所示。

### 1.1.4 工程范围及主要工程量

本工程范围具体如下:

- (1) 市体育馆站主体、附属结构及预留孔、预埋件施工。
- (2) 二七广场站主体、附属结构及预留孔、预埋件施工。
- (3) 中原东路站~郑州火车站站~二七广场站区间盾构推进。
- (4) 二七广场站~市体育馆站~紫荆山站区间盾构推进。
- (5) 盾构进、出洞端头土体及联络通道加固。
- (6) 联络通道、泵站结构施工。
- (7) 区间地下障碍物的处理。

本工程主要工程量见表 1.1-1。

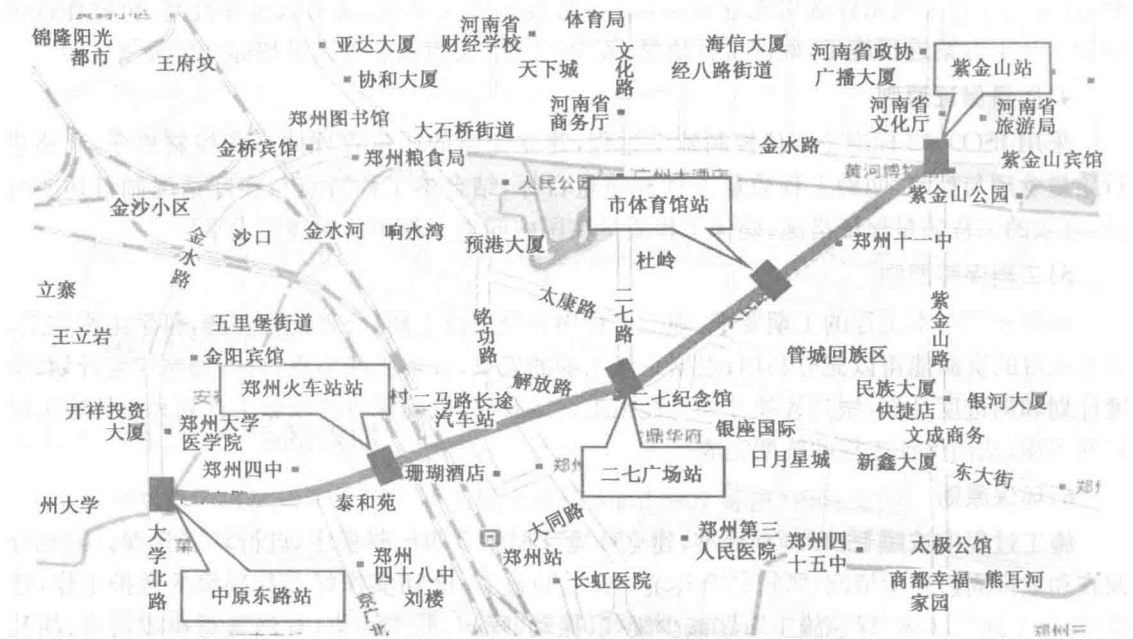


图 1.1-1 工程地理位置示意图

主要工程量

表 1.1-1

| 项 目          | 里 程                                    | 长度(m)  | 深度(m)                     | 层数   | 备 注                      |
|--------------|--|--------|---------------------------|------|--------------------------|
| 二七广场站        | 起点: YCK18+997.300<br>终点: YCK19+271.100 | 273.8  | 16.6                      | 地下2层 | 围护结构为钻孔灌注桩, 支护为米字形混凝土梁支撑 |
| 市体育馆站        | 起点: YCK19+970.000<br>终点: YCK20+108.100 | 138.1  | 20.98                     | 地下3层 | 围护结构为钻孔灌注桩, 支护为米字形混凝土梁支撑 |
| 项 目          | 里 程                                    | 长度(m)  | 备 注                       |      |                          |
| 中原东路站~郑州火车站站 | CK16+860.600~CK17+871.5                | 1010.9 | 区间附属工程, 包括联络通道及泵房1座, 洞门4个 |      |                          |
| 郑州火车站站~二七广场站 | CK18+052.255~CK18+997.3                | 945.04 | 区间附属工程, 包括联络通道及泵房1座, 洞门4个 |      |                          |
| 二七广场站~市体育馆站  | CK19+271.100~CK19+970                  | 692.6  | 区间附属工程, 包括联络通道及泵房1座, 洞门4个 |      |                          |
| 市体育馆站~紫荆山站   | CK20+108~CK20+990.523                  | 886.6  | 区间附属工程, 包括联络通道及泵房1座, 洞门4个 |      |                          |

## 1.2 主要工程概述

### 1.2.1 二七广场站概述

二七广场站为地下两层岛式车站, 主体结构为两层三跨钢筋混凝土框架结构, 车站外包尺寸为 273.8m×21.7m×16.6m, 由侧墙、梁、板、柱等构件组成。车站主体结构采用明挖顺作

法施工,局部采用盖挖法施工,围护结构方案采用钻孔灌注桩,采用混凝土米字形支撑;附属结构采用明挖顺作法施工,围护结构采用钻孔灌注桩,采用钢支撑。

### 1) 施工安排及顺序

根据车站总体施工安排及交通疏导设计方案,在二期围挡施工期间,进行主体二期围护结构施工及降水井施工和盖挖施工,以保证路面交通。在二期围挡施工期间,进行主体二期围护结构施工、主体基坑开挖和主体钢筋混凝土结构施工。为保证盾构机的下井时间,二七广场站的主体结构由两端盾构井向基坑中间、纵向分段施作,由上而下,竖向分层,流水顺作施工。根据有关规范要求,纵向分段长度不大于25m。二七广场站一期、二期围挡见图1.2-1、图1.2-2。

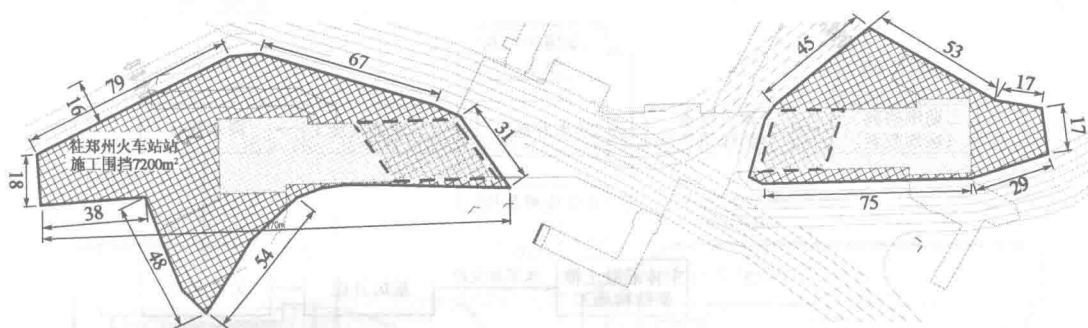


图1.2-1 二七广场站一期围挡示意图(粗实线所围区域为一期围挡区域;粗虚线所围区域为盖挖区域)(尺寸单位:m)

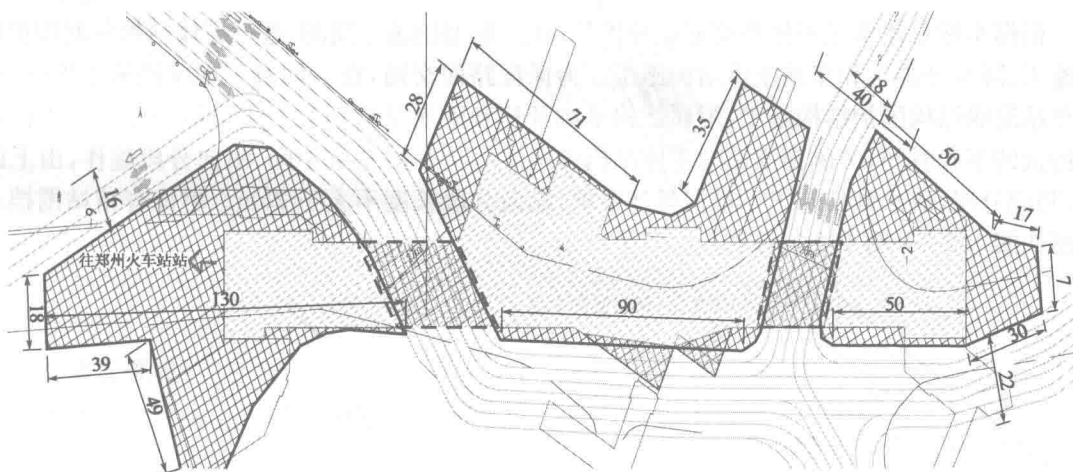


图1.2-2 二七广场站二期围挡示意图(粗线所围区域为二期围挡区域;粗虚线所围区域为盖挖区域)(尺寸单位:m)

### 2) 施工流程

二七广场站一期、二期围挡期间施工流程分别见图1.2-3、图1.2-4。

## 1.2.2 市体育馆站概述

市体育馆站为地下三层岛式车站,主体结构为三跨三层框架结构,车站外包尺寸为138m×21.6m×18.6m,由侧墙、梁、板、柱等构件组成。车站主体结构采用明挖顺作法施工,围护结构方案采用钻孔灌注桩,采用混凝土米字形支撑;附属结构采用明挖顺作法施工,围护结构

采用钻孔灌注桩,采用钢支撑。

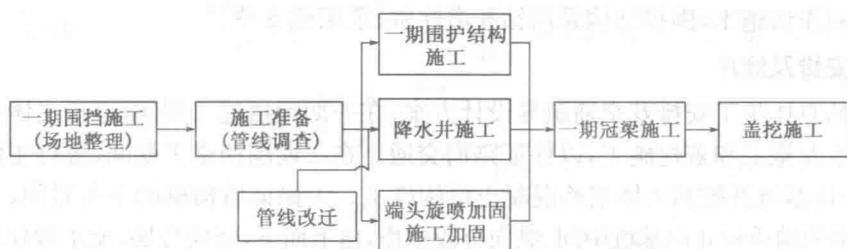


图 1.2-3 二七广场站一期围挡期间施工流程图

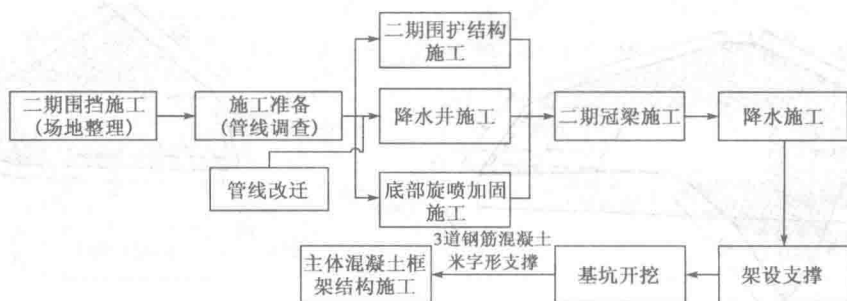


图 1.2-4 二七广场站二期围挡期间施工流程图

### 1) 施工安排及顺序

根据车站总体施工安排及交通疏导设计,在二期围挡施工期间,进行主体结构一期围护结构施工、降水井施工和车站主体结构施工。为保证路面交通,在二期及三期围挡施工期间,进行车站附属结构围护结构施工、附属结构基坑开挖和附属结构钢筋混凝土结构施工。为保证盾构机的下井时间,市体育馆站的主体结构由两端盾构井向基坑中间、纵向分段施作,由上而下,竖向分层,流水顺作施工。根据设计要求,纵向分段长度不大于 25m。市体育馆站围挡示意图如图 1.2-5~图 1.2-7 所示。

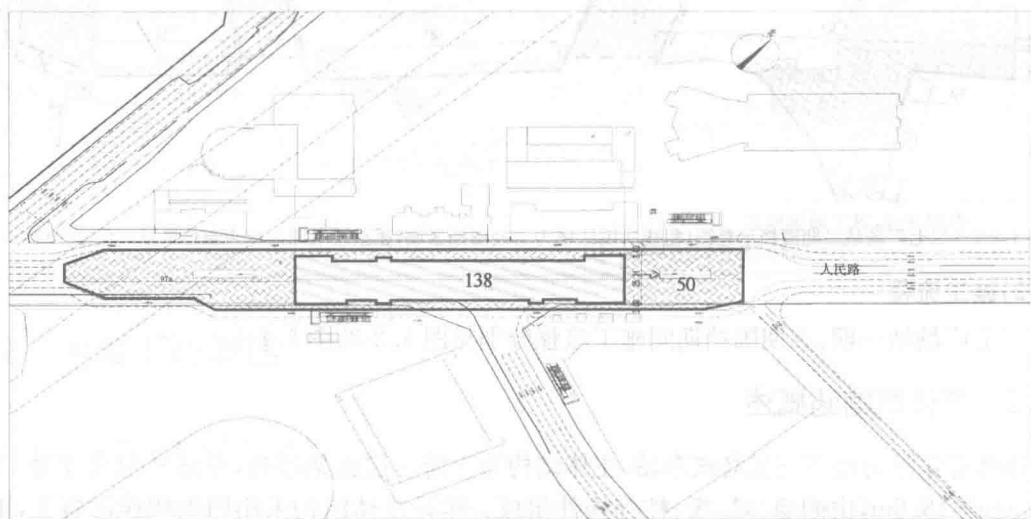


图 1.2-5 市体育馆站一期围挡(粗线所围区域)示意图(尺寸单位:m)



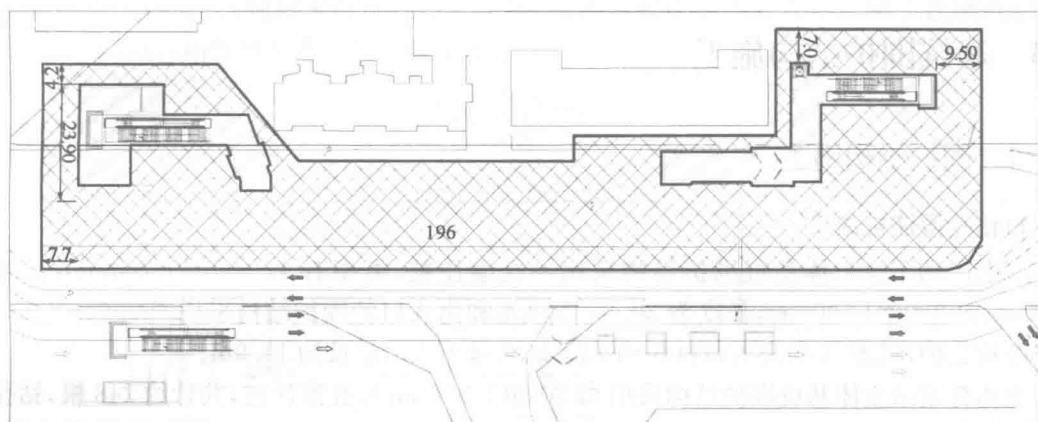


图 1.2-6 市体育馆站二期围挡(粗线所围区域)示意图(尺寸单位:m)

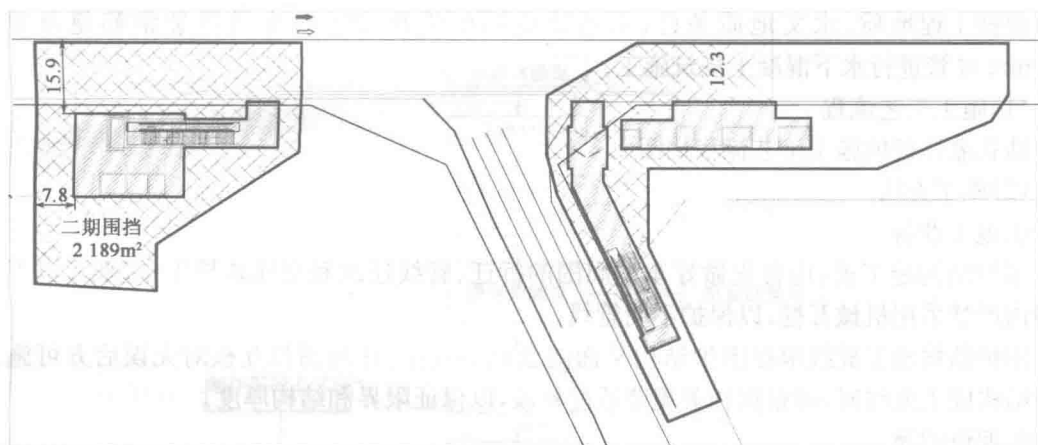


图 1.2-7 市体育馆站三期围挡(粗线所围区域)示意图(尺寸单位:m)

## 2) 施工流程

市体育馆站施工流程图见图 1.2-8。

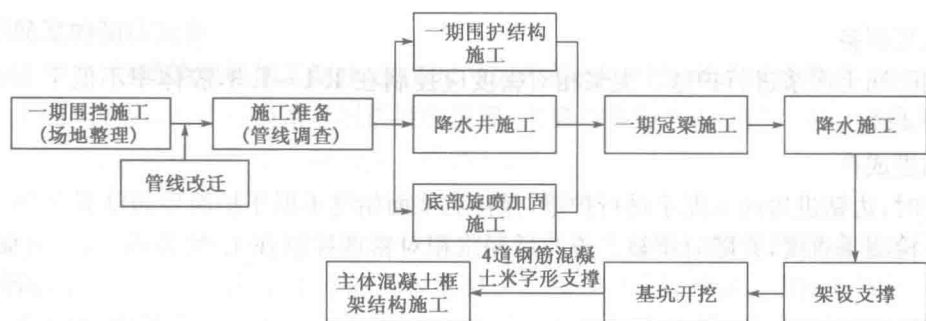


图 1.2-8 市体育馆站施工流程图

## 1.3 基坑围护结构施工

### 1.3.1 围护结构施工

#### 1) 钻孔灌注桩施工

二七广场车站主体基坑围护结构采用钻孔灌注桩,类型有 $\phi 1\ 000@1\ 200\text{mm}$ ,长度为24.64m; $\phi 1\ 200@1\ 500\text{mm}$ ,长度为30.65m;风道和出入口的围护结构采用 $\phi 600@900\text{mm}$ 钻孔灌注桩支护,风道、1号出入口桩长约23.2m,2号出入口桩长约11.9m。

市体育馆站主体基坑围护结构采用 $\phi 1\ 200@1\ 400\text{mm}$ 钻孔灌注桩,共计约248根,钻孔灌注桩桩长约35.7m。1号、3号风亭和出入口的围护结构采用 $\phi 600@900\text{mm}$ 钻孔灌注桩。2号风亭的围护结构采用 $\phi 1\ 000@1\ 200\text{mm}$ 钻孔灌注桩;风道、1号出入口桩长约11.9m,2号出入口桩长约15.9m。

根据工程地质、水文地质条件,采用旋挖钻机成孔、25t汽车吊吊装钢筋笼及导管、 $\phi 300\text{mm}$ 导管进行水下混凝土浇筑施工。

#### (1) 施工工艺流程

钻孔灌注桩的施工工艺流程见图1.3-1。

#### (2) 施工方法

##### ① 施工准备

围护结构施工前,应首先做好车站周围的拆迁、管线迁改和交通疏导工作,地表以下2m范围内严禁采用机械开挖,以保护不明管线。

围护结构施工放线根据围护结构平面图及相关线路、建筑图相互核对无误后方可施工。围护结构施工放线时,可根据相关规范适度外放,以保证限界和结构厚度。

##### ② 埋设护筒

护筒采用板厚为4~6mm的钢板焊接整体式钢护筒,直径为1.2~1.4m(风道护筒直径为0.8~1.0m),埋深为2.0m。护筒埋设采用人工开挖,挖坑直径比护筒大0.2~0.4m,坑底深度与护筒底同高且平整。护筒上设2个溢水口。埋设护筒时,筒的中心与桩中心重合,其偏差不得大于20mm;并应严格保持护筒的垂直度偏差不大于1%,同时其顶部应高出地面0.3m。

##### ③ 泥浆制备

采用膨润土泥浆进行护壁。泥浆相对密度应控制在1.1~1.3,胶体率不低于95%,含砂率不大于4%。

##### ④ 钻进成孔

钻进时,边钻进边注入泥浆进行护壁,保持泥浆面始终不低于护筒顶面以下0.5m;钻进过程中随时检测垂直度,并随时调整。成孔后泥浆相对密度控制在1.25以内,成孔时做好施工记录。

##### ⑤ 清孔

第一次清孔:桩孔成孔后,在钢筋笼插入孔内前,进行第一次清孔,用孔内钻斗来掏除钻

渣;如果沉淀时间较长,则用水泵进行浊水循环,使相对密度达 1.2 左右。第二次清孔:钢筋笼、导管下放好后,用气举法进行第二次清孔。



图 1.3-1 钻孔灌注桩施工工艺流程图

### ⑥ 钢筋笼的制作安装

**钢筋笼加工:**钢筋笼现场加工制作,加工尺寸应严格按设计图纸及规范要求进行控制。钢筋主筋采用闪光对焊,圆环封闭箍采用搭接电弧焊,主筋与箍筋点焊连接。钢筋笼主筋下端应向内弯转,以防吊装时碰撞孔壁。钢筋接头应错开。

### ⑦ 钢筋笼吊放

**采用 25t 吊车下放钢筋笼,人工辅助对准。**吊放钢筋笼过程中应保持钢筋笼轴线与桩轴线吻合,钢筋笼方向应与设计方向一致,并保证桩顶高程符合设计要求。为防止混凝土浇筑过程中钢筋笼上浮,钢筋笼最上端设定位筋,由测定的孔口高程来计算定位筋的长度,反复核对无误后方可焊接定位。浇筑完成后的混凝土开始初凝时,应割断定位骨架竖向筋,使钢筋笼不

影响混凝土的收缩。避免钢筋混凝土的黏结力受损失。

### ⑧水下混凝土浇筑

清孔、下钢筋笼后,应立即浇筑混凝土。混凝土浇筑时坍落度为 18~22cm,首批浇筑的混凝土初凝时间不得早于浇筑桩的全部混凝土浇筑完成时间。浇筑施工中应尽量缩短时间,连续作业。

#### a. 水下浇筑混凝土施工工艺

首先安设导管,用 25t 吊车将导管吊入孔内,位置应保持居中,导管下口与孔底保留 30~50cm 左右距离。导管在使用前及浇筑 4~6 根桩后,要检查导管及其接头的密闭性,确保密封良好。浇筑首批混凝土之前应在漏斗中放入隔水塞,然后再放入首批混凝土。在确认储量备足后,即可剪断铁丝,借助混凝土重量排除导管内的水,使隔水塞留在孔底。浇筑首批混凝土量应使导管埋入混凝土中的深度不小于 1.0m。首批混凝土浇筑正常后,应连续不间断进行浇筑,浇筑过程中应用测锤测探混凝土面高度,推算导管下端埋入混凝土的深度,并做好记录,正确指导导管的提升和拆除,直至导管下端埋入混凝土的深度达到 4m 时,提升导管,然后再继续浇筑。在浇筑过程中应将井孔内溢出的泥浆引流至适当地点处理,防止污染环境。

#### b. 水下浇筑混凝土的相关技术要求

浇筑过程中混凝土面应高于导管下口 2.0m,每次拆除导管前其下端被埋入的深度不大于 6.0m。浇筑作业必须连续进行,防止断桩。随孔内混凝土的上升,需逐节快速拆除导管,拆管停顿时间不宜超过 15min。在浇筑过程中,当导管内混凝土不满,含有空气时,后续的混凝土应徐徐灌入漏斗和导管,不得将混凝土整斗从上而下倾入管内,以免在管内形成高压气囊,挤出管节的橡胶密封垫。混凝土上层存在一层浮浆需要凿除,桩身混凝土超浇筑 0.5m 高左右,待混凝土达到强度后,应将设计桩顶高程以上部分用风镐凿除。混凝土浇筑过程中,应做好记录,并要保护安设在钢筋笼上的监测元件。

## 2) 旋喷桩施工

主体围护结构钻孔灌注桩之间采用旋喷桩进行加固止水,车站两端盾构区间的端头采用旋喷桩进行土体加固。二七广场站与地铁 3 号线交叉部位端头进行基底加固。桩径为  $\phi 800\text{mm}$ ,旋喷桩施工采用双重管法,单喷嘴喷浆。喷浆导孔直径为  $\phi 100\text{mm}$ ,成孔采地质钻机。

### (1) 施工工艺

旋喷桩施工工艺流程如图 1.3-2 所示。

### (2) 施工方法

根据加固范围内地层的特点,在施工过程中应进行现场试验确定合理的施工参数,以保证加固效果。

#### ① 钻导孔

按设计要求放线定孔位,误差不大于 5cm,并准确测量孔口地面高程。

钻孔时采用膨润土配制泥浆护壁,泥浆的主要性能指标控制为:相对密度 1.2~1.3,黏度 25~30s,含砂率小于 5%。

为准确取得地质资料,合理优化施工技术参数,按照地质钻探孔要求对不同地层取样分析。根据桩位布置图及放线控制桩,准确确定出孔位,并做好明显标识,孔位中心误差不得大于