



城市地下工程

施工技术与工程实例

卜良桃 曾裕林 主编

CHENGSHI DIXIA GONGCHENG
SHIGONG JISHU YU
GONGCHENG SHILI

中国环境出版社

城市地下工程施工技术与工程实例

卜良桃 曾裕林 主编



中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

城市地下工程施工技术与工程实例 / 卜良桃, 曾裕林
主编. —北京: 中国环境出版社, 2013.8
ISBN 978-7-5111-1491-4

I. ①城… II. ①卜…②曾… III. ①城市建设—地
下工程—工程施工 IV. ①TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 131142 号

出版人 王新程
责任编辑 张于嫣
文字加工 易 萌
责任校对 唐丽虹
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67150545 (建筑图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 10.5
字 数 250 千字
定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

近年来城市基础设施建设发展十分迅速，已进入了空前繁荣时期，人们对城市基础设施的使用性能等提出了越来越多的新要求，各种新型材料以及新工艺不断涌现，城市基础设施建设中新工艺不断替代旧工艺，从业人员必须掌握、熟悉、了解城市地下工程施工技术。本书以工程实例为主线，系统介绍了城市地下工程施工技术。全书共分为四章，第一章为明挖法工程施工技术与工程实例；第二章为浅埋暗挖法施工技术与工程实例；第三章为盾构法隧道施工技术与工程实例；第四章为水底沉管隧道施工技术与工程实例。

本书紧密结合当前的科研成果及最新的相关规范和技术标准，收集整理了典型的地下工程施工工程实例，以工程实例为基础，理论性和实用性强。本书主要作为土木相关专业的专业技术人员继续教育教材，同时也可作为工程技术领域的专业技术人员的参考用书。

本书由卜良桃、曾裕林主编，于丽、侯琦、吴伟华、陶剑剑、朱仁芳、曾坚、朱健、汪文渊、朱怀、贺阳、李红益、区杨荫、刘德成、张欢、刘裔彬、段文锋、刘尚凯分别参加了各章节的编写工作。作者从事工程结构的设计、施工和研究工作多年，在各类核心期刊发表相关学术论文 100 余篇，具有丰富的工程经验。当然，书中不妥与疏漏之处在所难免，敬请读者拨冗指正。

卜良桃

2013 年 7 月

目 录

第一章 明挖法工程施工技术与工程实例	1
第一节 广州市名盛广场地下建筑逆作法施工技术与工程应用	1
第二节 广州某地铁车站明挖法施工技术	7
第三节 西安地铁浣河停车场工程明挖法施工技术与工程应用	30
第四节 三峡工程地下仓库施工技术	36
第五节 石家庄地下商场明挖法工程施工技术与工程应用	46
第二章 浅埋暗挖法施工技术与工程实例	52
第一节 常州市文化宫广场过街通道浅埋暗挖施工技术	52
第二节 某公路隧道浅埋暗挖法施工技术与应用	58
第三节 北京地铁五号线蒲黄榆车站浅埋暗挖施工技术	63
第四节 某地下通道工程暗挖施工技术	69
第三章 盾构法隧道施工技术与工程实例	74
第一节 杭州地铁1号线土压平衡式盾构法施工技术	74
第二节 地铁隧道泥水平衡盾构施工技术	86
第三节 东莞至惠州城际轨道交通东江隧道下穿东江段施工技术	99
第四节 武汉长江水底隧道工程盾构法施工技术	110
第五节 电力隧道设计、结构特点、施工技术	118
第六节 西江引水工程引水隧道施工技术	129
第四章 水底沉管隧道施工技术与工程实例	137
第一节 广州生物岛沉管隧道盖挖法、沉埋法工程施工技术	137
第二节 上海外环越江沉管隧道工程施工技术	150

第一章 明挖法工程施工技术与工程实例

第一节 广州市名盛广场地下建筑逆作法施工技术与工程应用

一、地下建筑逆作法介绍

(一) 引言

随着地下建筑大规模的发展,工程建设的经济、安全、环保、耐久等方面因素越来越受到重视,其中又以安全最为重要,影响地下建筑安全的关键是深基坑的安全。目前我国大中城市中地下建筑的深基坑工程大部分在房屋密集的旧城区或软弱土层地区,基坑的设计与施工具有复杂性和艰巨性,这类工程具有以下显著特点:

(1) 绝大多数地下建筑位于旧建筑群及道路市政地下管线、电缆的包围之中,周围环境条件非常复杂,要求变形控制严格。

(2) 不少城市地下为软土地基,地下水埋藏浅、多流砂,软土有蠕变现象,而许多旧房屋无桩基处理,容易产生塌陷,施工条件复杂。

(3) 基坑工程开挖深度通常超过 10 m,最深的超过 30 m,深基坑工程造价对地下建筑的造价影响大,施工周期长。

(4) 不少南方地区为多雨季节,对处于施工中的基坑工程造成不利影响。

目前,由于基坑施工中采用逆作法具有安全度高及适应性强的特点,地下工程中应用逆作法技术已引起了广大工程人员的重视。实践表明,采用逆作法施工的基坑支护方法无论在基坑安全系数、工程质量和安全文明施工等方面比起其他支护形式基坑支护方法都具有较大的优势。

(二) 地下建筑逆作法集成技术的施工流程

传统地下结构逆作法通常以首层或地下一层为分界向上正作施工和向下逆作施工,对围护结构加以简单组合,如内撑与护壁墙(桩)组合等,而且常常围护结构必须先施工,工序仅是单向流程,不能交叉进行,其施工流程见图 1-1。

由图 1-1 可见由于施工工序多,而且须逐个工序完成,在节省时间、费用方面优化不足,未能有机组合,综合经济效益不明显,不少业主对此还是不能接受。

逆作法集成技术实施的宗旨是在基坑围护结构安全的前提下,采取更加灵活的方法和可靠的技术组合,在施工工期与造价上获得可观的综合经济效益,并达到地面以上建筑的

设计和增加施工场地、改善施工条件。优化的逆作法集成技术就从根本解决了这个问题。其最大的特点是在可靠的技术和安全保证的前提下,具有灵活的循环性,以最短路径来确定方案和工期,根据不同的场地来组合围护结构,正逆作交叉实施,地面以下可以逆作法结合正作法,地面以上也可以正作法结合逆作法,总之,逆作法集成技术是将传统逆作法的唯一性、单向性改为具有多面性和组合性的先进特点。

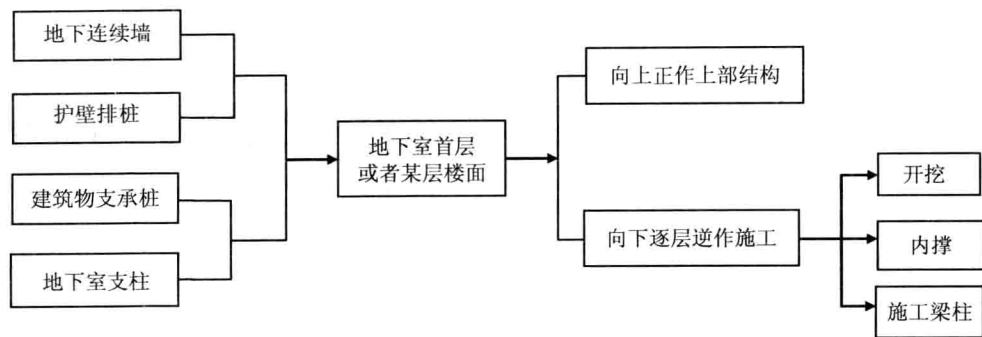


图 1-1 传统逆作法施工流程

二、工程概况

名盛广场工程位于广州市北京路与文明路交汇处东北侧,是集商场、儿童娱乐、美食中心、酒楼、休闲、写字楼及停车场于一体的多功能商业综合楼。工程总建筑面积约为 14 万 m^2 , 占地面积约为 9 000 m^2 , 两道伸缩缝将平面分成 A、B、C 三个区, 地面上塔楼为 36 层, 建筑物总高度为 168 m, 裙房为 5 层和 9 层, 地下室五层, 底板埋置深度为 -20.4 m。

(一) 集成技术分析

名盛广场属于旧城区改造项目, 且地理位置、周边环境、场地条件和交通情况均较复杂, 部分建筑需要跨越市政道路, 分别形成 45 m 跨承托 4 层及 27 m 跨承托 8 层的大跨度转换结构; 另外, 由于八层大宴会厅顶层需作为空中花园使用, 设计上需采用 36 m 大跨度钢桁架作为结构支承。项目的商业价值和建筑物的代表性备受关注, 业主对本工程的要求是建成广州市一流的标志性的商业建筑。

由于名盛广场工程的施工周期、成本的控制及建筑物的使用功能将直接影响到业主的商业回报, 主体结构确定采用钢—混凝土组合结构, 竖向体系与钢梁结合的框架—剪力墙筒体结构体系, 其中在裙楼以下采用竖向结构为带约束拉杆异形钢管混凝土柱(墙)组成的核心筒及钢管混凝土柱框架, 钢管内充填 C70 和 C80 的高强混凝土。带约束拉杆异形钢管混凝土柱(墙)结构具有钢结构延性好和钢筋混凝土结构刚度大、抗压性能好等优点, 使商场部分墙柱面积减少, 建筑视线通透。钢梁采用热轧或焊接 H 型钢, 梁柱连接主要是焊接与高强螺栓连接相结合, 楼板采用压型钢板上浇筑混凝土组成钢—混凝土组合楼板。

根据主体结构采用钢结构及压型钢板的特点, 结构设计上确定了钢柱吊装完成后先施工后二层钢结构并以此二层为基准层向上向下同时施工的逆作法方案, 这种立体化的施工可将工期大大缩短。为符合工程的形象进度及减低对步行街的环境及商业气氛的影响, 逆

作法支护结构选用了地下连续墙。为解决连续墙入岩难度大及费用高的问题，设计上采用长短相隔的地下连续墙与喷锚支护组合构件，即土质差的地层上部采用地下连续墙作支护，土质好的地层下部改用喷锚支护，利用刚度大的楼面梁板柱作为内支撑；而穿越透水层的地下连续墙体完成后，可为经济适用的人工挖孔桩施工提供条件。楼盖结构考虑选用与上部结构一致的钢—混凝土组合结构，采用钢梁及组合楼板结构配合逆作法施工，不需另拆装模板，施工速度快捷而安全。

（二）工艺技术组合

名盛广场逆作法方案确定后，根据工程特点在设计上采用了多项结构新技术及新工艺相结合。

（1）柱支式地下连续墙充分考虑连续墙在逆作法施工中起到挡土、挡水、承重的作用，抗渗作用通过进入不透水层的普通墙段（简称浅墙段）来解决，承重作用则通过连续墙下面以一定的间距设置柱支式嵌岩段（简称深墙段），形成新型的地下室连续墙结构形式（见图 1-2）。围护结构采用柱支式地下连续墙与喷锚支护组合构件，在土质差的地层上部采用地下连续墙作支护，土质好的地层下部改用喷锚支护，利用刚度巨大的楼面梁板柱作为内支撑，很好地解决了单纯采用地下连续墙作基坑支护造价高的问题。地下连续墙厚度取 600 mm，按多支点支护结构计算，利用首层至地下二层楼盖结构作为刚度巨大的支撑点，浅墙段大约在一 13.4 m 位置终止，连续墙体深度仅是越过透水层，进入硬塑至强风化层或中风化层，其下采用喷锚支护结构组合构件共同挡土挡水侧压和抗滑移。在逆作法施工继续向下开挖时，到达较好的土（岩）层后，裸露出来的基坑侧壁由于土质较好，而且侧向土体的上下支撑得到保证，基坑壁内的土层内力会形成一种土拱效应，只要结合常规的浅基坑支护技术则可达到下层土体自身稳定的效果，计算的锚杆长度大大减少，由按受力要求设置改为构造加强。

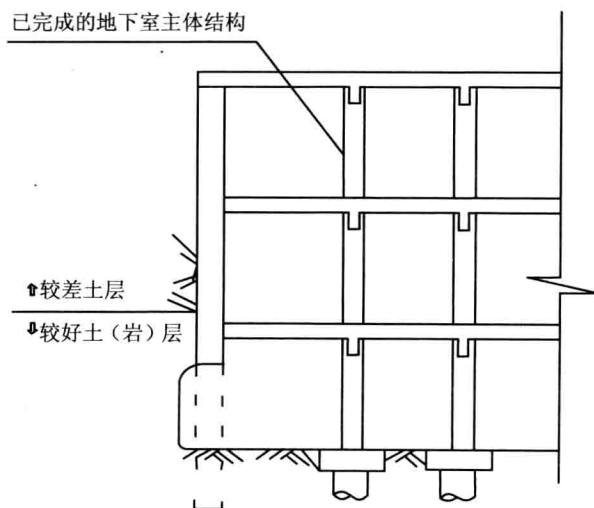


图 1-2 新型的地下室连续墙结构形式

为确保柱支式地下连续墙新技术在本工程中得到合理应用，设计时运用二维地层—有

限元法、三维地层—有限元法以及三维荷载—结构法,采用大型有限元软件 ANSYS、MARC 和 ABAQUS 模拟分析了土体开挖产生的土体内力、变形及其对结构的影响,对柱支式地下连续墙逆作法进行了充分的数值计算分析,对该技术的可行性进行了验证。在此基础上对实际工程的基坑开挖进行了施工全过程监测,并与有限元分析结果进行对比,保证了有限元仿真分析结果的真实可信以及施工工程安全可靠,进一步验证了柱支式地下连续墙逆作法技术的合理性。

(2) 基础采用圆型桩和椭圆型大孔径人工挖孔桩,最大桩径 5.5 m,因此可以很方便地进行首层以下部分圆型和异型钢管混凝土柱和钢构架柱的吊装及施工;钢管混凝土柱及带约束拉杆异型钢管混凝土柱(墙)加工时一次成型,放入桩孔,套于定位器上先进行固定,然后在钢管柱内浇筑 C70 和 C80 高强高性能混凝土,浇筑钢管柱混凝土时,用导管法施工并用高频振捣器分层振捣密实;孔壁和钢管外壁之间的空隙中按设计要求填砂并振实以固定竖向构件,减少构件的长细比增加其稳定性。

(3) 本工程主体结构采用新型的钢—混凝土组合结构竖向体系与钢梁结合的框架—剪力墙筒体结构体系,其中在裙楼以下及地下室采用竖向结构为带约束拉杆异型钢管混凝土柱(墙)组成的核心筒及钢管混凝土柱框架(见图 1-3),钢管内充填 C70 和 C80 的高强混凝土,大大提高了墙柱的承载力及逆作法施工支承结构的稳定性。带约束拉杆异型钢管混凝土柱(墙)结构具有钢结构延性好,配合逆作法施工快捷的特点,同时又具有钢筋混凝土结构刚度大、抗压性能好等优点。

柱、剪力墙等竖向构件设计为圆型钢管混凝土柱、异型钢管混凝土(墙)柱,尤其是核心筒采用了带约束拉杆的异型钢管混凝土(墙)柱,整体制作和吊装,整体性好,可以配合逆作法施工实现首层以下部分墙、柱等竖向构件一次性完成施工。在基坑内土方未完全开挖的情况下施工结构柱网,有效地解决结构竖向荷载的传递。

(4) 地下室楼板结构采用钢梁与压型钢板相结合的方案,经过构造加强的 H 型钢梁组合楼板形成强大的平面内刚度,从而形成巨大的内支撑体系;由于采用压型钢板作为永久性模板,实现了模块化,从而省去楼面支顶及模板拆除等占用的时间,加快了地下室内土方开挖进度及地下室结构的施工进度。

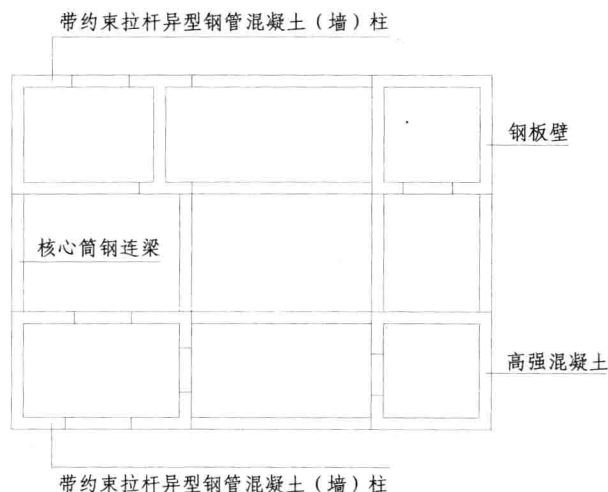


图 1-3 剪力墙核心筒钢结构

土方开挖及出土的快慢是影响逆作法施工的第三个关键。本工程采用全机械化开挖和出土、土方开挖和结构施工组成合理的流水作业,为缩短工期提供有力的保证。本工程钢结构在地下室结构中大规模地应用在国内尚属首次。

(5) 在地下室楼面梁、板与地下连续墙连接处,均改为采用混凝土梁、板的形式,避免了钢梁和压型楼板伸入连续墙时切断墙的竖向钢筋,并且可以保证与地下连续墙很好地结合。地下连续墙在所有与楼面框架梁连接处,预埋了 PVC 管,以便后工序凿开与框架梁连接,省去以往使用梁盒预埋件的老方法,节省了钢材,简化了工序。预埋件与钢筋笼连接牢固。

(6) 钢管混凝土柱—钢梁节点。本工程竖向构件为钢管柱(墙),而梁为热轧或焊接 H 型钢,梁柱节点种类繁多。设计上采用带环板的钢牛腿形式的梁柱通用节点,地面采用梁与节点采用高强螺栓与焊接混合连接,地下室部分梁与节点采用焊接连接。带有上下环板及节点加劲肋的环板节点能较好地梁端弯矩和剪力传递到钢管混凝土柱,不会在钢管壁形成应力集中,又能解决内环板难以解决的混凝土浇筑质量的问题,施工方便且受力性能好。

(三) 施下流程

本工程逆作法施工顺序见图 1-4。

地下室土方开挖分以下三个阶段进行。首先,由原地面开挖至 -5.5 m ,在地下连续墙周边预留宽 3 m ,高 2.5 m 的反压土。然后,进行首层楼盖的施工,在首层楼盖完成后由 -5.5 m 开挖至 -9.0 m 。最后,进行地下一层楼盖施工,地下一层楼盖施工完成后由 -9.0 m 挖至 -20.7 m 的底板处,并以 -14.0 m 为界分上下两层先后开挖。在解决地下室大量土方运输方面,地下室垂直运出土口处安装垂直运输系统,在 ± 0.00 层用龙门吊吊挂特制的吊土桶,用于吊土外运。取下吊土桶后,可用吊钩吊运钢筋、模板、钢构件入地下室。考虑到地下室出土量大,在首层设置了两个出土口,在预留孔洞的四周留出用于封闭孔洞的钢筋,并在相应的位置预埋铁件,便于安装吊土提升架,工程结束前才封闭出土口。

地下室各层楼盖结构梁主要采用 H 型钢梁,楼板面采用压型钢板作为模板并永久性使用,省去了传统的模板支顶,可加快模板的施工进度及省去拆模时间,从而加快地下室的施工进度。

(四) 工程施工的特点及优势

本工程采用了柱支式地下连续墙与喷锚支护,钢管混凝土柱、人工挖孔桩、钢—混凝土组合楼盖的逆作法集成技术,其地下室及支护的施工方面具有以下的特点和优势。

1. 工程特点

当地下室顶板、浅墙段的内壁墙、地下室连续墙的压顶梁浇筑完整浇灌牢固后,形成了图 1-2 所示的柱支式地下连续墙。柱支式地下连续墙挡住了地表不理想的土层,且进入全风化岩也有 3 m ,基坑位移不大,良好土层组成的侧土拱存在于柱支式地下连续墙浅墙段脚部的土体。上层土体保持稳定,下层坚硬土体在锚杆和喷网的作用下,可以逐层向下开挖、喷锚直到底板处,开挖出一个庞大的空间,再以正作法向上施工地下室永久的内壁墙和剩下的地下室各层楼面结构。

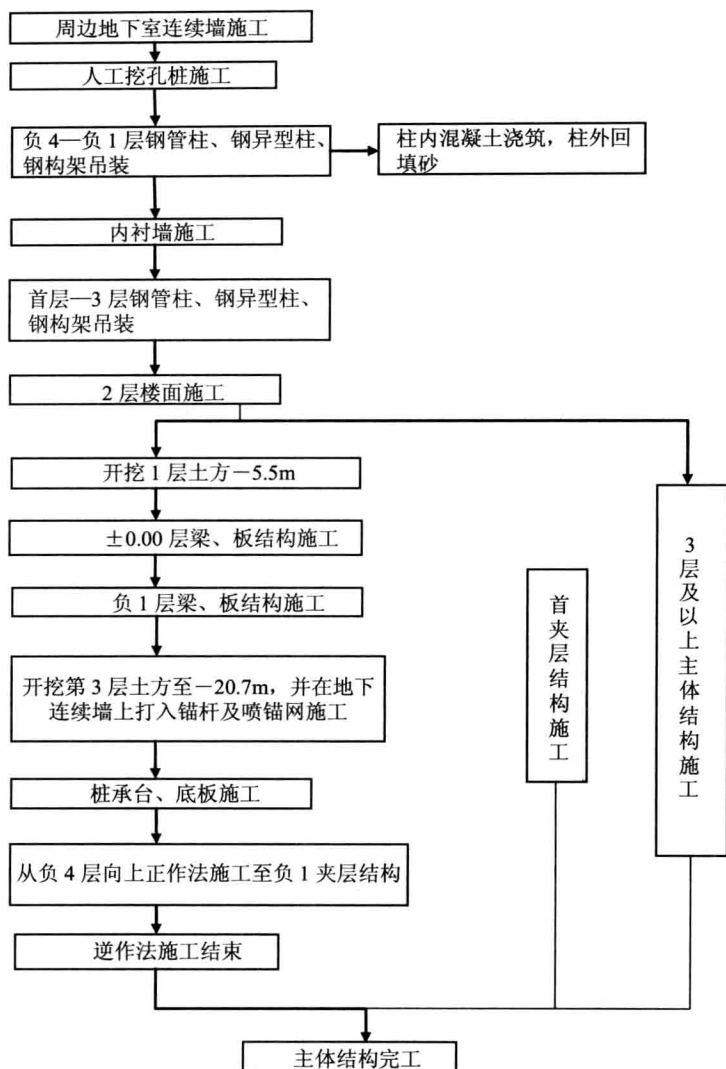


图 1-4 逆作法施工顺序

2. 优势

(1) 基坑围护结构采用深浅槽地下连续墙与喷锚网相结合的施工方案, 地下连续墙既作为地下室施工时的围护结构, 又可作为建筑物的永久性承重结构, 降低了围护结构工程造价, 同时缩短了工期。

(2) 传统的逆作法在完成首层以下的剪力墙、柱等竖向构件后, 接着施工首层楼板, 然后按地上地下同步施工的方法进行。而本工程可以在一次性完成从基础至首层的剪力墙、柱等竖向构件施工后, 接着进行首层以上的剪力墙、柱等竖向构件施工以及二层楼板施工, 然后按地面前后同步施工的方法进行, 加快了首层以上主体结构的施工进度以及裙楼施工的形象进度。

(3) 地下室楼板结构采用钢梁与压型钢板相结合的方案, 经过构造加强的 H 型钢梁组合楼板具有强大的平面内刚度, 从而形成巨大的内支撑体系; 同时加快了地下室楼层结构

的施工进度,减少了地下室内的大量模板、脚手架等周转材料的垂直运输工序。由于采用压型钢板作为永久性模板,实现了免拆模,从而省去楼面支顶及模板拆除等占用的时间,加快了地下室内土方开挖进度及地下室结构的施工进度。

(4) 为了满足第一层土方开挖工作面高度的要求,首层至三层柱吊装完成后先进行二层楼盖结构施工,待首层楼面结构施工后再进行首夹层楼面结构施工。

(5) 柱、剪力墙等竖向构件设计为圆型钢管混凝土柱、异型钢管混凝土柱和钢构架柱,尤其是核心筒采用了带约束拉杆的钢构架柱,整体制作和吊装,整体性好,可以实现首层以下部分墙、柱等竖向构件一次性完成施工;地下室各层楼盖结构梁主要采用 H 型钢梁,楼板面采用压型钢板作为模板,节点处理简单,加快地下室的施工进度。

(6) 对 -9.0 m 以下的土方采用分层连续开挖到底的方案,使土方开挖连续进行,有效地保证了土方开挖的效率,实现了土方开挖的机械化施工。

(7) 地下室上方开挖过程中的降水采用在人工挖孔桩内的钢构架柱外设置降水井的方法,不需要另设降水井,降低了相关的施工费用。

(五) 效益分析

作为一个位于繁华商业地段的大型地下室,本工程基坑具有面积大、开挖深的特点,土方量达到 18万 m^3 。而且本工程具有施工场地狭窄、工程地质情况复杂、紧邻密集的民居与学校、工程量大且工期要求紧等特点,基坑的变形及安全控制非常重要。地下室采用优化的逆作法集成技术施工,可大大缩短工期,有效减少对周围环境的不利影响,基坑的安全性得到了保证;同时又节省了大量的挡土临时支承构件,采用柱支式地下连续墙技术减少了大量施工困难的入岩段工程量,综合经济效益可观。另外,由于工程地处繁华商业地段,商业价值非常明显,采用逆作法集成技术后,加快施工进度使发展商减少了利息的支出,由于地面地上结构同时施工增强了投资者的信心可增加物业的销售金额。地下室结构完成时,裙楼商场已交付使用,所有可销售物业均已售完。名盛广场逆作法新技术的成功设计及应用,使名盛广场成为广州市北京路步行街的标志性商业建筑,其高素质及专业的建设,在广州美食文化中心成功落户名盛广场的过程中起到了重要的作用,取得了良好的社会效益与经济效益。

第二节 广州某地铁车站明挖法施工技术

一、工程概况

某站为广州市地铁 X 号线与 Y 号线的换乘站,位于两条市郊道路的交叉处。周边地形较为开阔、平坦;地下水位在现有地面以下 2 m ,地下水对地铁构筑物中的混凝土结构无腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋有弱腐蚀性。

二、地铁车站主要施工工序流程

1. 基坑围护

一般采用地下连续墙围护、钻孔桩止水围护、工法桩围护等。

2. 地基处理及降排水

地基处理一般采用高压旋喷桩、水泥土搅拌桩等。降排水一般采用明排水、疏干管井及降压管井。

3. 基坑开挖

一般采用放坡、分层开挖。

4. 支撑体系

由钢筋混凝土支撑、钢支撑及钢构柱组成。

5. 内部结构

标准车站一般为地下两层(站台层、站厅层),由底板(1 m)、中板(0.5 m)、顶板(0.8 m)、柱及内衬墙(0.6 m)组成。

6. 施工监测

在基坑开挖及内部结构施工过程中主要对围护结构的墙顶位移、墙体偏斜;支撑体系的支撑轴力、立柱隆沉;周边环境的地表沉降、管线沉降等进行监测,确保施工安全及环境稳定。

三、地下连续墙施工

本工程钢筋笼分“一”“L”“Z”三种型,地墙接头采用圆形柔性接头,其中端头井“Z”型槽段变为“L”型,钢筋笼二次沉放,混凝土一次浇注,配筋作相应调整。所有导墙接头与地墙接头错开。

(一) 导墙制作

在地下连续墙成槽前,应砌筑导墙,做到精心施工。导墙质量的好坏直接影响地下连续墙的轴线和标高,对成槽设备进行导向。是稳定存储泥浆液位,维护上部土体稳定,防止土体坍落的重要措施。导墙采用“L”型整体式钢筋混凝土结构,导墙间距 640 mm,肋厚 200 mm,高 1 500 mm,上部宽 1 200 mm,混凝土标号为 C20。导墙钢筋全部采用 $\phi 14$,横向纵向间距均为 200 mm。地勘报告中杂填土厚 0.5~3 m,平均厚度达 2.2 m,实际开挖 0.5~1 m 即为原状土,因此杂填土较少,导墙深 1.5 m 足以隔断杂填土层。

导墙对称浇筑,强度达到 70%后方可拆模。拆除后设置 10 cm 直径上下二道圆木支撑,并在导墙顶面铺设安全网片,保障施工安全。

导墙内墙面要垂直,导墙顶部高出地面 20 cm,墙面不平整度小于 5 mm,墙面与纵横轴线间距的允许偏差 ± 10 mm,内外导墙间距允许偏差 ± 5 mm。在导墙施工全过程中,都要保持导墙沟内不积水。导墙面应保持水平,混凝土底面和土面应密贴,混凝土养护期间起重机等重型设备不应在导墙附近作业停留,成槽前导墙坑应回填土,支撑不允许拆除,以免导墙变位。导墙混凝土自然养护到 70%设计强度以上时,方可进行成槽作业,在此之前禁止车辆和起重机等重型机械靠近导墙。在导墙转角处因成槽机的抓斗呈圆弧形,抓斗

的宽度为 2.7~3 m，同时由于分幅槽宽等原因，为保证地下连续墙成槽时能顺利进行以及转角断面完整，转角处导墙需沿轴线外放不小于 0.4 m。

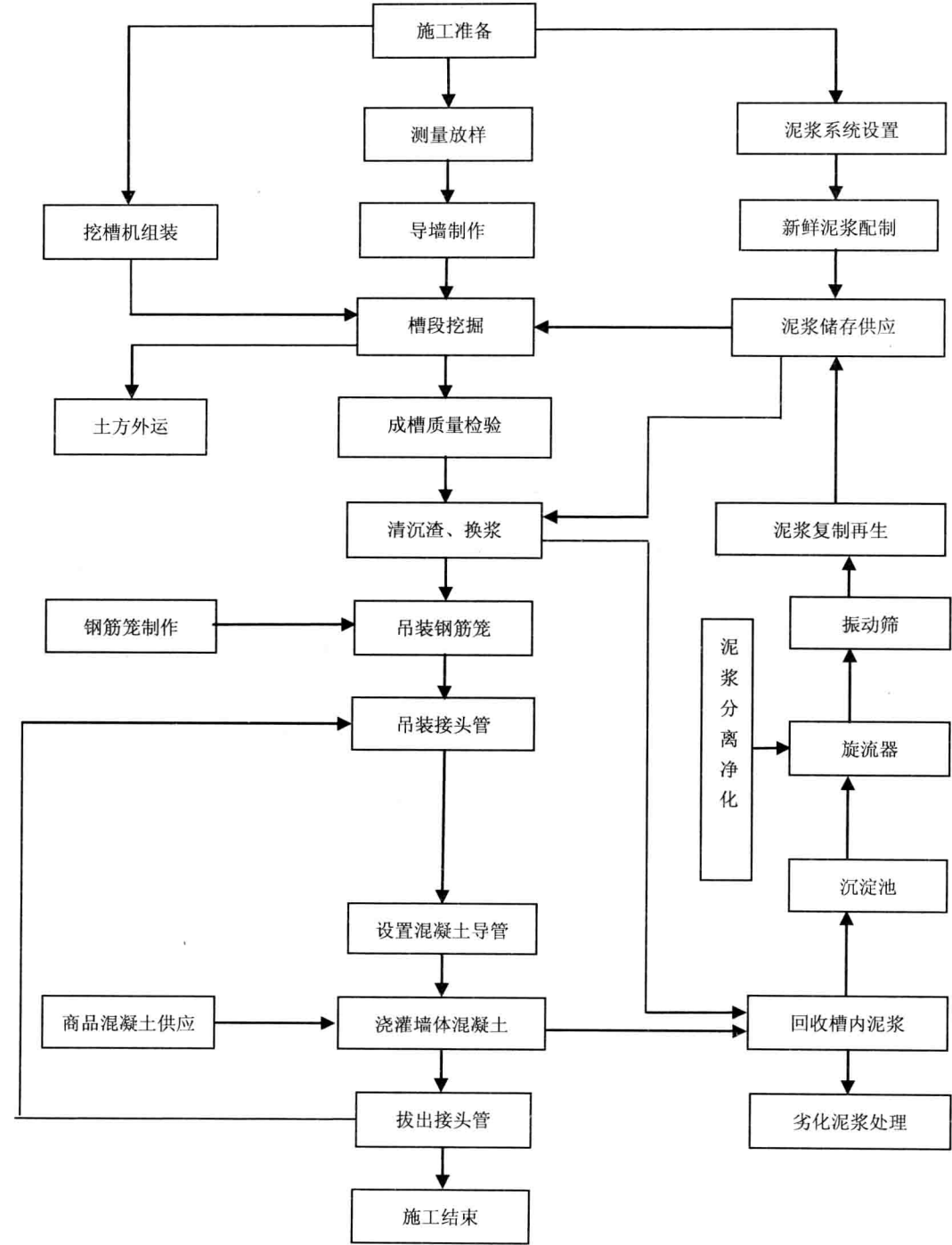


图 1-5 地下连续墙施工流程图

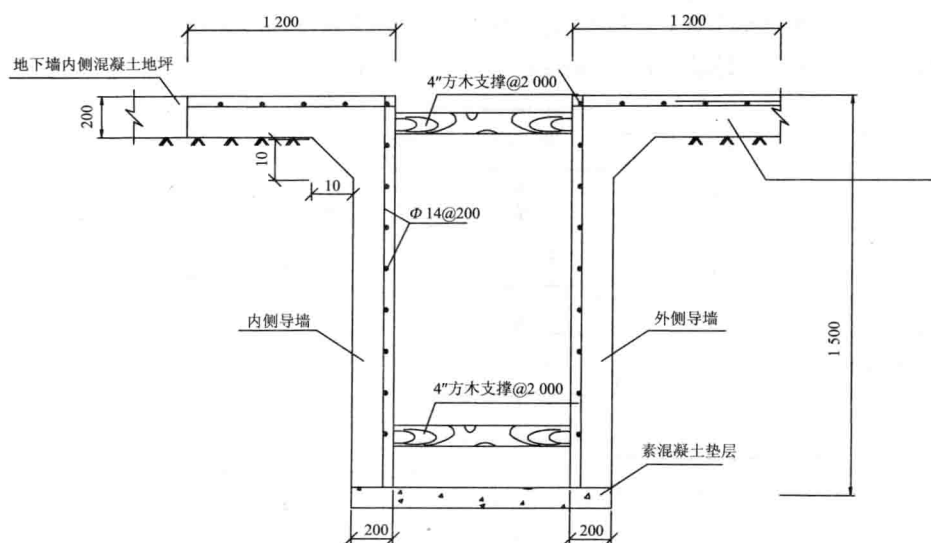


图 1-6 地下连续墙导墙示意图

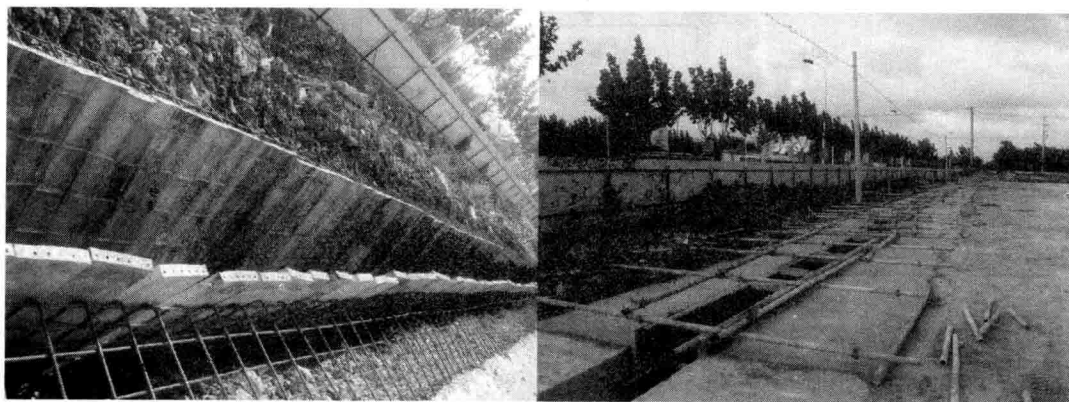


图 1-7 导墙施工

(二) 泥浆工艺

1. 泥浆配制

泥浆材料：本地下连续墙工程采用下列材料配制护壁泥浆：

- (1) 膨润土：200 目商品膨润土。
- (2) 水：自来水。
- (3) 分散剂：纯碱 (Na_2CO_3)。
- (4) 增黏剂：CMC（高黏度，粉末状）。
- (5) 加重剂：200 目重晶石粉。

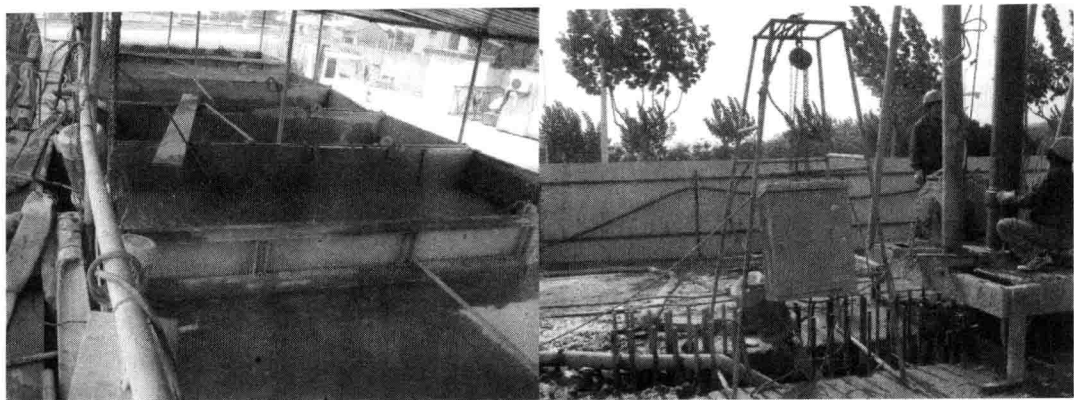


图 1-8 泥浆循环系统

2. 技术要点

(1) 泥浆搅拌严格按照操作规程和配合比要求进行, 泥浆拌制后应静置 24 h 后方可使用。

(2) 对槽段被置换后的泥浆进行测试, 对不符合要求的泥浆进行处理, 直至各项指标符合要求后方可使用。

(3) 对严重水泥污染及超比重的泥浆作废浆处理, 用全封闭运浆车运到指定地点, 保证城市环境清洁。

(4) 严格控制泥浆的液位, 保证泥浆液位高于地下水位 0.5 m 以上, 并不低于导墙顶面以下 30 cm, 液位下落及时补浆, 以防塌方。

(三) 成槽施工

1. 槽段划分

根据设计图纸, 地墙分“—”“L”“Z”等型, 宽度一般为 6.5 m、6 m、5.5 m、5 m。

2. 槽段放样

根据设计图纸和建设单位提供的控制点及水准点在导墙上精确定位出地墙分段标记线, 并根据锁口管实际尺寸在导墙上标出锁口管位置。

3. 成槽设备选型

4. 成槽垂直度控制

由于本工程成槽精度要求高, 采用液压抓斗成槽机成槽。其成槽时能自动显示成槽垂直度并带有垂直度修正块, 能满足设计精度要求, 在挖槽中通过成槽机上的垂直度检测仪表显示的成槽垂直度情况, 及时调整抓斗的垂直度, 做到随挖随纠。同时, 须加强成槽司机的垂直度控制意识, 并运用超声波测斜仪检测, 确保垂直偏斜率在 3/1 000 以下, 力争达到 2/1 000 以下。

5. 成槽挖土顺序

按槽段划分, 分幅施工, 标准槽段(约 6 m)采用三抓成槽法开挖成槽, 先挖两端最后挖中间, 使抓斗两侧受力均匀, 如此反复开挖直至设计槽底标高为止。

6. 成槽挖土

成槽开挖时抓斗应闭斗下放，开挖时再张开，每斗进尺深度控制在 0.3 m 左右，上、下移动抓斗时要缓慢进行，避免形成涡流冲刷槽壁，引起坍方，同时在槽孔混凝土未灌注之前严禁重型机械在槽孔附近行走产生振动。

7. 挖槽土方外运

挖槽过程中开挖出的土方即由 15 t 土方车外运，为保证挖槽作业的连续性和确保工期，工地内设临时堆土场地。

8. 成槽测量及控制

成槽时，派专人负责泥浆的放送，视槽内泥浆液面高度情况，随时补充槽内泥浆，确保泥浆液面高出地下水位 0.5 m 以上，同时也不能低于导墙顶面 0.3 m，杜绝泥浆供应不足的情况发生。

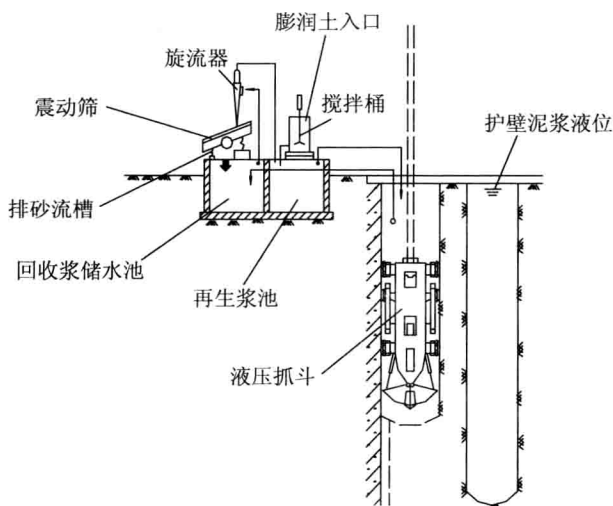


图 1-9 成槽施工示意图

9. 槽段检验

(1) 槽段平面位置偏差检测：用测锤实测槽段两端的位置，两端实测位置线与该槽段分幅线之间的偏差即为槽段平面位置偏差。

(2) 槽段深度检测：用测锤实测槽段左中右三个位置的槽底深度，三个位置的平均深度即为该槽段的深度。

(3) 槽段壁面垂直度检测：用超声波测壁仪器在槽段内左中右三个位置上分别扫描槽壁壁面，扫描记录中壁面最底部凸出量或凹进量（以导墙面为扫描基准面）与槽段深度之比即为壁面垂直度，三个位置的平均值即为槽段壁面平均垂直度。

(四) 清底及接头处理

1. 清底的方法

在抓斗直接挖除槽底沉渣之后，进一步清除抓斗未能挖除的细小土渣。使用 Dg-100 空气升液器，由起重机悬吊入槽，空气压缩机输送压缩空气，以泥浆反循环法吸除沉积在