

六、盖挖逆作法施工工法

1、特点

地下连续围护深基坑暗挖工法是在常用的暗挖法基础发展起来的。明挖法采用边开挖边支撑，挖至基坑底部后自下而上浇筑结构砼，亦称为顺筑法。深基坑暗挖工法则采用自上而下边开挖、支撑，边浇筑结构砼，先浇筑顶板、最终浇筑底板，又称为逆筑法(亦可称为盖挖法)。

1.1 砼顶板逆筑施工后，即可恢复路面交通，交通封锁期与明挖法相比可缩短一半以上，施工深度越大，其交通封锁期占总工期的比例愈小。

1.2 浅层开挖及砼顶板逆筑后，基坑围护的整体刚度显著增大，可有效地限制地下墙顶端变形及减少邻近建筑物的沉降。

1.3 大型基坑施工在中间打入几排钢管桩，既可作为整体结构的承重桩，又可作为逆筑施工立模浇筑的中间承重桩。

1.4 暗挖施工的土方开挖和运输工艺顺序采用分层分段施工，既满足工期要求，又达到基坑稳定的效果。

1.5 暗挖逆筑中楼板、底板后，显著增加围护支撑体系的刚度和稳定，有效地限制了地下墙的变形和稳定坑底土体。

2、适用范围

2.1 本工法适用于软土地层城市街区的深基坑工程，如地铁车站、地下商场、地下停车场等。

2.2 本工法尤其适用于地面交通繁忙的商业街区，不能长期封锁交通而进行施工的，以及邻近构筑物、地下管线需保护的地下结构工程。

3、原理

逆筑法浇筑地下结构恰好与顺筑法相反，当然，其施工原理也与顺筑法有所不同，主要区别如下所叙。

3.1 基坑的支护系统。顺筑法施工的支护体系是全支撑支护围护结构；逆筑法施工的支护体系是支撑、中柱、梁板结构的围护结构体系。两者差异见图 53 所示。利用地下结构本身来支护围幕结构，不仅可节省支撑，而且可增强围护结构的整体刚度，使地下连续墙真正连续。

3.2 支护系统的外荷载作用。顺筑法施工的围护结构所承受的荷载来自于地下连续墙迎土面的侧向土压及开挖面坑底以下墙体入土深度范围内的侧向被动土压，如图 54(a)所示；逆筑法施工的围护结构承受的荷载除地下连续墙近土面及开挖面坑底以下侧向土压之外，还包括顶板之上结构的面荷载，如图 54(b)所示。

3.3 围护结构的受力性能。顺逆法施工的围护结构的迎土面侧向土压力由间断的支撑(一般为每 3 米一根)及基坑坑底以下土体侧向被动土压来平衡，从空间上看，支撑对地下连续墙的约束是支撑轴向的点约束，受力简图如图 55(a)示意；而逆筑法施工的围护结构所受的荷载由支撑、中柱、梁板、地下连续墙及土体共同承担，从空间上看柱、梁、板地下结构对地下连续墙支撑的刚性的连续约束，比单一的支撑铰点约束强得多，受力简单如图 55(b)示意。

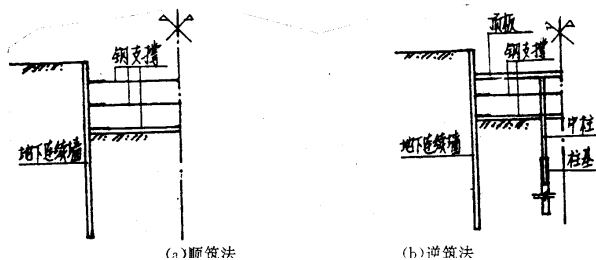


图 53 围护结构

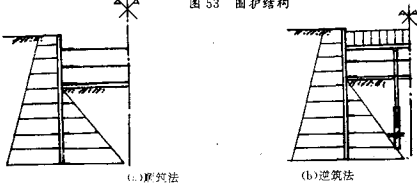


图 54 荷载分布

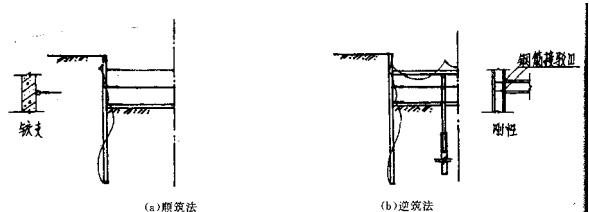


图 55 受力性能(弯矩)

3.4 土体、围护结构变形及对周围环境影响。

危害。

6. 机具设备

- 6.1 围护结构施工机械通常为槽壁机及桩机。
- 6.2 履带式大吊用于开挖土方，吊运钢筋等。
- 6.3 580 或 609 钢管支撑及少量钢围圈用于支护槽壁。
- 6.4 200T 油压千斤顶用于施加支撑预应力。
- 6.5 顶板结构以下土方开挖可用小型斗铲或人工。
- 6.6 由悬挂在顶板或楼板下面的单轨 3T 电动葫芦承担顶板结构以下土方和材料的水平及垂直运输，同时承担支撑安装和拆除。
- 6.7 土方被运到井口后，可用井字架或履带吊作垂直提升至地面。
- 6.8 自卸式 8T 或 15T 车外运土方。
- 6.9 商品砼搅拌车和泵车，可直接将砼运输到施工现场泵送到工作面。
- 6.10 插入式，平板式砼震捣器，用于浇筑钢筋砼结构
- 6.11 钻孔机，用于井点管埋设及地基压密注浆。
- 6.12 砼养护设备
- 6.13 井点降水泵及注浆泵

7. 质量标准

- 7.1 围护结构和主体结构施工质量标准遵照《地基与基础工程施工及验收规范》及《上海市地基基础设计规范》中的有关条文。
- 7.2 钢材须有材质报告，进口钢筋须有晶相分析报告。钢筋碰焊、电焊、接驳器接头均应有试验报告。
- 7.3 模板施工质量按《市政工程施工及验收的技术规程》第六篇有关条文。
- 7.4 商品砼应有试验报告，水泥及半成品提供质保书，检测频率及结果须达到规定要求。

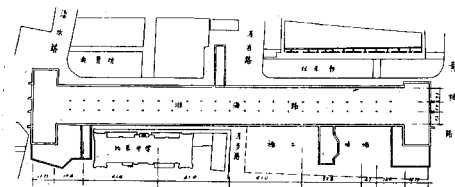


图 57 地铁黄陂路车站长条形基坑平面图

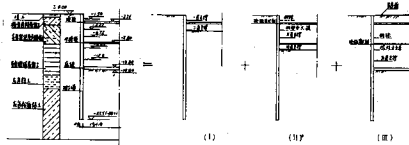


图 58 基坑开挖及浇筑结构混凝土的施工工序

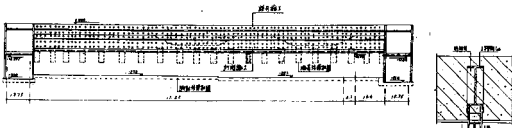


图 59 基坑地基加固纵剖面图

8. 劳动组织

- 8.1 土方开挖及运输。
 - 8.2 支撑安装及拆除。
 - 8.3 模板安装及扎筋。
 - 8.4 砼浇筑及养护。
- 上述劳动力组织所需配备工种有吊车司机，汽车司机、起重工、钢筋工、木工、砼工、电工、电焊工、井点工、机修工、测量工、钢结构安装工、机操工及普工。

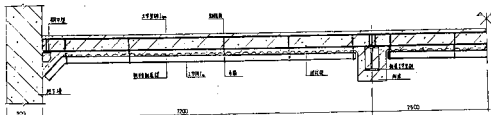


图 60 刚性钢筋立模图

9. 安全措施

- 9.1 逆筑暗挖施工必须配置足够的照明和通风设施。照明及动力须设短路保护及漏电保护装置，并设置应急照明，一旦发生意外，保证有基本亮度。
- 9.2 土方开挖应自上而下逐层放坡开挖，防止土方塌落伤人。
- 9.3 3T 电动葫芦应有专人操作，并有施工人员护送吊物行走，吊物下严禁有人。支撑安装及拆卸应有专人指挥以防止支撑压人撞人。
- 9.4 支撑上不可搁放材料设备，不可设吊点以免引起支撑失稳，造成重大事故。
- 9.5 运土便道：电动葫芦操作便道及通风洞。必须设栏杆，通道上下须设牢固的临时扶梯。
- 9.6 逆筑暗挖配备必需的灭火器材，以防火灾。
- 9.7 做好施工监测，及时分析并指导施工，确保建筑物、地下管线安全及工程质量。

10 效益分析

- 10.1 经济效益。地下建筑物逆筑施 32212 法，适宜于繁华、闹市地区施工，占地面积相对较小，节省了不必要的动拆费用。对于多层地下室的构筑物而言，它能满足地面层及地下层同时施工，大大缩短了施 212212 期，投资回报明显增快。逆筑工法的复合围护结构，充分发挥了楼板结构的支护作用，不仅仅大大增强了支护稳定而且节约了支撑费用，有效地降低了施工对附近建筑物及地下管线的危害，节省了可观的监护费用。所有这些都是逆筑工法的直接经济效益。
- 10.2 社会效益。在交通枢纽和商业中心建造地下建筑物采用逆筑工法其优点在于有效缩短地面占用时间，尽早地恢复了地面的交通及邻近商业经营，社会效益尤为显著。

11. 工程实例

11.1 工程概况

地铁黄陂南路车站位于上海第二商业街淮海路上黄陂路至淡水路段(如图 57 所示)。全长 200 余米，除端头井外标准段长 195.3 米，跨宽 19.4 米。围护结构采用承重的地下连续墙，墙厚 0.8 米，埋深 28 米，基坑开挖深度达 15 米。主体结构为双层梁、柱、板结构，楼板结构分顶板、中楼板和底板。层内结构和中楼板、底板均采用逆筑工法施工。

11.2 地质情况。主要地层及物理力学性质列表 28，地下水位在地表下 0.5 米。

表 28 主要地层及物理力学性质

土性	深度(m)	RKN / m	W%	CKpa		
填土	0—0.2					
褐黄色粉质粘土	1.2—3.0	18.80	35.2	12.7	10.5	
灰色淤泥粉质粘土	3.0—8.0	18.10	42.1			
灰色淤泥质粘土	8.0~16.0	17.45	48.03	7.8	6.5	
灰色粘土	16.0—20.0	17.75	43.6			
灰色粉质粘土	20.0—33.5	18.3	34.8	6.9	71.0	

11.3 施工简述。按照前述“4”的工艺流程将整个地下车站施工分成三个主要阶段，即前期施工准备阶段，顶板结构施工阶段，暗挖逆作施工阶段。基坑开挖的施工工序如图 58 所示。

11.3.1 前期施工准备阶段。主要完成地下连续墙施工、支承柱施工(包括钢管桩基和 H 型钢柱)、井点管理设施工、地基加固(如图 59 所示)及监测标志布置。

11.3.2 顶板结构施工阶段。按常规的顺作工艺，土方开挖至二道支撑标高，以劲性钢筋立模、扎筋完成顶板结构的砼浇筑，(见图 60 及图 58(I))。此外在此期间完成通道及端头井的土方开挖和结构浇筑为暗挖逆筑创造施工条件。

11.3.3 逆作施工阶段

11.3.3.1 逆作施工准备。启动井点、安装照明通风设施、架设单轨葫芦及铺设运土运料便道如图 61 所示。

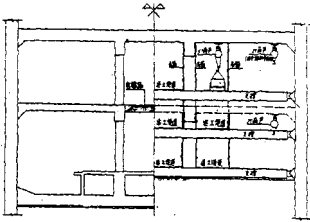


图 61 逆筑开挖施工截面图

11.3.3.2 逆作开挖施工。土方开挖及支撑调整安装步骤如图 58(1)、(直)示意，纵向施工分段分层，以劲性钢筋方式立模扎筋浇筑中楼板结构砼，底板结构及其它层内结构采用常规立模扎筋方式浇筑砼。凡与地下连续墙连接的结构均用接驳器连接主筋。

11.4 机具设备列表 29。

11.5 劳动力组织

表 29 主要机具与设备表

	名 称	规格	数量	备 注
1	履带式吊车	50t	3 台	设置通道洞口
2	铲 车	1m³	2 台	设置东、西端头井内
3	履带式挖掘机	0. 1m³	2 台	土方翻挖用
4	深井潜水泵		35 台	井点降水用
5	真空泵		2 台	井点降水用
6	液控制仪		35 套	井点降水用井点降水用
7	潜水泵控制柜		4 台	
8	钢筋机械		1 套	
9	木工机械		1 套	
10	直流电焊机		10 台	
11	液压予应力泵及千斤顶		1 套	
12	风 镐		10 只	
13	空压机	0. 9m³	5 台	
14	电动葫芦	5t	4 台	材料设备水平运输用
15	电动葫芦	2t	2 台	支撑施工予应力设备用
16	电动葫芦	1t	8 台	土方垂直吊运用
17	通风机		2 台	

表 30 主要劳动力需要量表

	工 种	人 数
1	吊车挖掘机司机	8 人
2	起重工	10 人
3	钢筋工	20 人
4	木 工	14 人
5	砟 工	20 人
6	普 工	60 人
7	机修工	7 人
8	电 工	7 人
9	电焊工	10 人
10	井点工	7 人
11	钢结构安装工	6 人
12	蜂 测量工	4 人
13	机操工	6 人
14	总 计	179 人

11.6 安全措施

11.6.1 监护。沿黄陂路地铁站两侧有商业建筑，居民住宅及学校，还有一定数量的地下管线。大多数构筑物离车站围护结构仅 2 米左右，为确保附近建筑安全及地下管线的正常使用，土方开挖施工前，布置了一系列监测点，分布在建筑物上，地下连续墙内，地表及土体深部，(见图 62 所示)。施工期间，对整个地下车站施工的监测分析每周二次，主要开挖施工段，每天通报一次监护结果，做到及时反馈于施工，遇到问题，果断采取施工技术措施。

11.6.2 其他安全措施略述。

11.7 效益分析

地铁黄陂路车站的施工由于采用逆筑工法，所以施工占地面积缩小一半，减少动拆迁近，1 / 3。逆筑支护结构稳定可靠，施工对附近建筑物及地下管线的影响极小，节省了保修费用，保持了居民的正常生活及商业经营。与顺做工法相比提前一年半恢复地面交通和车站两侧的商业经营，直接经济效益显著。交通的畅通及淮海路商业的高额销售带来了难以估算的社会效益。

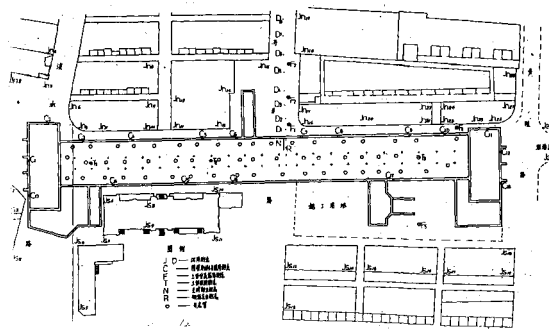


图 62 施工监测测量平面布置图

《主要参考文献》

1. 地铁车站结构逆筑法的设计与施工 建筑施工 94—5
2. 上海黄陂路地铁车站逆筑法施工 上海隧道 94—1
3. 上海地铁陕西路车站逆筑法施工 施工技术 95—2
4. 上海地铁车站采用“一明二暗法”施工方案介绍 地下工程与隧道 92—4
5. 深基坑逆筑法施工和设计中浅见 地下工程与隧道 93—3
6. 上海黄陂南路地铁车站逆筑法施工技术简介 地下工程与隧道 93—4
7. 淮海路地铁车站逆筑法施工若干问题的研究 地下工程与隧道 93—4
8. 五座地铁车站设计的介绍 地下工程与隧道 93—4
9. 地铁黄陂南路车站逆筑法结构设计的特点 地下工程与隧道 94—3
10. 地铁盖挖法技术研究 地下工程与隧道 94—3
11. 地铁盖挖法技术研究 地下工程与隧道 94—3
12. 盖挖逆作地铁车站的结构设计 隧道及地下工程隧道 94—1
13. 盖挖逆作地铁车站的结构设计 隧道及地下工程隧道 94—2
14. 慕尼黑地铁建设和用喷混凝土支护进行隧道施工 隧道译丝 89—7
15. 慕尼黑地铁工程的施工方法 隧道译丝 87—10
16. 马赛地铁 隧道译丝 88—12
17. 仙台市地下南北线、计划 (トソネルと地下) 80—9
18. 仙台市地下南北线、计划 (トソネルと地下) 84—10
19. 开罗地铁 隧道译丝 88—10
20. 软弱地层中开挖隧道造成的沉陷问题 隧道译丝 85—6
21. 比利时安特卫普地铁地下顶板结构的顶管法施工 隧道译丝 85—4
22. 新新宿地下站 (ソネルと地下) 74—6
23. 在碱田沙层地带、繁华市区的大规模明挖施工 (ソネルと地下) 90—3
24. 西德地铁施工资料
25. 谈谈盖挖法 <地铁与转轨> 88—2
26. 联邦德国区域性地铁快车系统 <地铁与转轨> 88—3
27. 修建浅埋隧道的经济方法 <地铁与转轨> 90—4
28. 北京地铁永安里车站盖挖逆作结构设计 第九届地铁学术交流论文集
29. 北京永安里地铁车站中桩施工技术 第十届地铁学术交流会论文集
30. 十字桩在地铁车站中应用 第十届地铁学术交流会论文集
31. 大北窑地铁车站连续墙围幕“盖挖逆作法”施工 第十届地铁学术交流会论文集
32. 地铁盖挖法施工 第十后地铁学术交流会论文集