

上海市工程建设规范

逆作法施工技术规范

Technical specification for
construction of top-down method

DG/TJ08—2113—2012
J12191—2012

2012 上海

上海市工程建设规范

逆作法施工技术规程

Technical specification for
construction of top-down method

DG/TJ08—2113—2012

主编单位：上海建工二建集团有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

批准部门：上海市城乡建设和交通委员会

施行日期：2012 年 12 月 1 日

2012 上海

上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2012]1005 号

上海市城乡建设和交通委员会 关于批准《逆作法施工技术规程》为 上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海建工二建集团有限公司和华东建筑设计研究院有限公司主编的《逆作法施工技术规程》，经市建设交通委科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ08—2113—2012，自 2012 年 12 月 1 日起实施。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海建工二建集团有限公司负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一二年九月六日

前 言

本规程是根据上海市城乡建设和交通委员会【2010】181 号文,由上海建工二建集团有限公司和华东建筑设计研究院有限公司会同有关设计、施工、研究和教学单位编制而成。

在编制过程中,开展了专题研究,进行了广泛的调查分析,总结了十余年以来上海地区逆作法基坑工程的实践经验,吸纳了该领域国内外新的研究成果,并征求上海市有关设计、勘察、施工、科研、教学单位的意见,经反复修改,最终完成制订。

本规程共分 13 章,包括总则、术语、基本规定、围护结构(墙)施工、竖向支承桩柱施工、地下水平结构施工、竖向结构施工、地上地下结构同步施工、基坑降水、基坑开挖、盖挖法施工、基坑监测、施工安全与作业环境控制。

本规程在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,随时将意见和建议反馈给上海建工二建集团有限公司技术质量部(地址:上海市虹口区梧州路 289 号,邮编 200080),以供今后修订时参考。

主 编 单 位:上海建工二建集团有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

参 编 单 位:上海市基础工程有限公司

同济大学

上海大境建筑设计事务所

中船第九设计研究院工程有限公司

上海广联建设发展有限公司

上海广大基础工程有限公司

上海申元岩土工程公司

主要起草人:姜向红 王卫东(以下按姓氏笔画排列)

龙莉波 刘国彬 刘 铭 许 亮 吴国明

吴洁妹 张庆福 李耀良 汪思满 陆 峰

吴 猷 周乐敏 赵 琪 徐中华 翁其平

顾倩燕 章兆熊 章晓鹏 章 谊 缪俊发

参与起草人:(以下按姓氏笔画排列)

丁义平 马金海 刘若彪 孙 诚 朱大卉

朱立健 江逢潮 张振礼 李 星 李惠蓉

陈永才 金国龙 娄荣祥 梁志荣

主要审查人员:吴君侯 范庆国 李永盛 高振锋 王美华

王允恭 桂业琨 顾国荣

上海市建筑建材业市场管理总站

二〇一二年九月

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(5)
4	围护结构(墙)施工	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	地下连续墙	(9)
4.3	灌注桩排桩	(11)
4.4	型钢水泥土搅拌墙	(12)
4.5	咬合桩	(14)
5	竖向支承桩柱施工	(16)
5.1	一般规定	(16)
5.2	竖向支承桩施工	(17)
5.3	竖向支承柱施工	(18)
6	地下水平结构施工	(20)
6.1	一般规定	(20)
6.2	模板工程施工	(21)
6.3	钢筋混凝土施工	(22)
6.4	节点构造要求	(23)
7	竖向结构施工	(25)
7.1	一般规定	(25)
7.2	钢筋施工	(25)
7.3	模板工程施工	(26)
7.4	混凝土施工	(26)

7.5	接缝处理	(27)
8	地上地下结构同步施工	(28)
8.1	一般规定	(28)
8.2	施工工况模拟	(28)
8.3	竖向构件和转换构件的技术要求	(30)
9	基坑降水	(33)
9.1	一般规定	(33)
9.2	基坑降水	(33)
10	基坑开挖	(36)
10.1	一般规定	(36)
10.2	取土口设置	(37)
10.3	土方开挖及运输	(38)
11	盖挖法施工	(40)
12	基坑监测	(42)
12.1	一般规定	(42)
12.2	监测项目、测点布置及警戒值	(42)
12.3	远程信息化管理	(45)
13	施工安全与作业环境控制	(46)
13.1	一般规定	(46)
13.2	通风排气	(46)
13.3	照明及电力设施	(47)
	本规程用词说明	(49)
	引用标准名录	(50)
	条文说明	(53)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirement	(5)
4	Construction of retaining wall	(8)
4.1	General requirement	(8)
4.2	Diaphragm wall	(9)
4.3	Contiguous bored pile wall	(11)
4.4	Soil mixed wall	(12)
4.5	Secant pile wall	(14)
5	Construction of vertical support	(16)
5.1	General requirement	(16)
5.2	Construction of pile used to support plunge column	(17)
5.3	Construction of plunge column	(18)
6	Construction of underground slabs	(20)
6.1	General requirement	(20)
6.2	Formwork construction	(21)
6.3	Reinforced concrete construction	(22)
6.4	Requirements of joint construction	(23)
7	Construction of underground vertical structure	(25)
7.1	General requirement	(25)
7.2	Reinforcement construction	(25)
7.3	Formwork construction	(26)
7.4	Concrete construction	(26)

7.5	Disposal of juncture	(27)
8	Synchronous construction of the superstructure and substructure	(28)
8.1	General requirement	(28)
8.2	Modelling of construction sequences	(28)
8.3	Technical requirements of vertical component and conversion component	(30)
9	Dewatering	(33)
9.1	General requirement	(33)
9.2	Dewatering	(33)
10	Excavation	(36)
10.1	General requirement	(36)
10.2	Setup of excavation openings	(37)
10.3	Earth excavation and transportation	(38)
11	Construction of covered excavation	(40)
12	Monitoring	(42)
12.1	General requirement	(42)
12.2	Monitoring items,layout of instrumentation and warning values	(42)
12.3	Remote information management	(45)
13	Safety and operation environment control	(46)
13.1	General requirement	(46)
13.2	Ventilation and exhaust	(46)
13.3	Lighting and power installation	(47)
	Word note in this specification	(49)
	List of referred standards	(50)
	Description of articles	(53)

1 总 则

1.0.1 为规范上海地区地下工程逆作法施工,做到技术先进、经济合理、安全适用、保证质量、保护环境,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于上海地区新建、改建和扩建项目地下工程的逆作法施工。

1.0.3 逆作法工程施工除应符合本规程的规定外,尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 逆作法 top-down method

利用主体地下结构的全部或一部分作为支护结构,自上而下施工地下结构并与基坑开挖交替实施的施工工法。

2.0.2 咬合桩围护墙 secant pile wall

桩与桩之间相互咬合排列形成既防水又挡土的连续的基坑围护墙体。

2.0.3 I序桩、II序桩 primary pile,secondary pile

咬合桩施工中,先施工的需要被切割的桩为I序桩,后施工的咬合的桩为II序桩。

2.0.4 软法咬合、硬法咬合 soft secant piling,hard secant piling

I序桩采用超缓凝混凝土,II序桩采用普通混凝土的咬合桩称为软法咬合。

I序桩、II序桩均采用普通混凝土的咬合桩称为硬法咬合。

2.0.5 等厚度水泥土搅拌墙 soil mixed wall of uniform thickness

采用锯链式切割箱垂直整体切削土体、横向推进喷浆搅拌、连续施工形成的等厚、无缝水泥土墙体。

2.0.6 竖向支承桩柱 vertical support

逆作法施工中将施工阶段竖向荷载及逆作主体结构竖向荷载传递到地基的竖向支承结构,通常由支承桩和支承柱组成。

2.0.7 先插法、后插法 pre-inserting method, post-inserting method

竖向支承桩柱施工中,先安放钢支承柱,后浇筑支承桩混凝土

土的竖向支承桩柱的施工方式称为先插法。

竖向支承桩柱施工中,先浇筑支承桩混凝土,在混凝土初凝前插入钢支承柱的竖向支承桩柱的施工方式称为后插法。

2.0.8 一柱一桩 one column supported by one pile

一根结构柱位置布置一根支承柱和支承桩的竖向支承结构型式。

2.0.9 调垂 adjusting verticality

竖向支承桩柱施工中利用调控装置控制支承柱垂直度的施工工序。

2.0.10 界面层 interface layer

逆作法施工中地上地下结构同步施工的交界面。

2.0.11 地上地下结构同步施工 synchronous construction of superstructure and substructure

以界面层(通常为地面首层或地下一层)为施工界面,在向下逆作施工地下结构的同时向上施工上部结构。

2.0.12 取土口 excavation opening

逆作法施工过程中,在地下各层楼板上预留的土方及材料运输竖向通道。

2.0.13 吊模 suspended formwork

浇筑地下结构混凝土时,下部不具备支撑条件、悬挂在其它固定物上的模板系统。

2.0.14 盖挖法 covered excavation

基坑开挖至一定深度后,将顶板封闭,恢复上部交通(或场地),剩余的下部工程在封闭的顶板下进行施工的工法。

2.0.15 盖板 cover plate

逆作法施工中,用来封堵临时不用的预留孔或盖挖法施工时

用于恢复路面用的预制板。

2.0.16 差异沉降 differential settlement

在逆作法施工中,由于上部结构传递到支承柱或地下连续墙上的荷载存在差异以及由于开挖卸荷导致支承柱或者连续墙回弹存在差异,导致相邻支承柱或者支承柱与地下连续墙之间存在不等的竖向位移。

2.0.17 远程信息化管理 remote information management

基于远程监控信息管理系统,对基坑工程进行监控的一种手段。

3 基本规定

3.0.1 逆作法工程开工前,施工单位应与设计等相关单位相互配合,确定以下事项:

1 根据邻近环境条件明确基坑周边各段的环境保护等级及基坑变形控制指标,制定控制基坑施工对环境影响的应急预案;

2 逆作法施工工况以及结构与土方开挖交叉进行的流程;

3 对于地上地下结构同步施工的工程,确定其施工界面层、向上施工目标层数以及同步施工的流程;

4 逆作法主要的水平和竖向传力途径以及重要构件和关键节点的设计要求;

5 界面层的平面布置、行车路线、堆载要求、取土口的留设以及所需要采取的结构加强措施;

6 竖向支承桩柱的设计控制要求和施工工艺;

7 水平结构与竖向结构节点施工要求与方法;

8 先期施工结构和后期施工结构的接缝处理要求;

9 逆作施工阶段临时构件的设置和拆除方式以及与后期施工结构部分的转换形式。

3.0.2 基坑工程施工前应完成以下主要技术资料的准备工作:

1 工程地质勘察资料;

2 主体建筑、结构设计文件;

3 基坑支护设计文件;

4 地上、地下结构同步施工的相关要求;

5 场地周边环境资料及保护要求。

3.0.3 逆作法施工技术主要包括围护结构(墙)施工、竖向支承

桩柱施工、地下水平结构施工、地下竖向结构施工、地上地下结构同步施工,以及基坑降水和基坑开挖等。工程施工前应根据设计文件及国家现行有关标准规定编制施工组织设计,基坑施工组织设计应包括以下主要内容:

- 1 围护结构施工方案;
- 2 竖向支承桩柱施工方案;
- 3 水平、竖向结构施工方案;
- 4 降水、土方开挖方案;
- 5 施工安全与作业环境控制、文明、环保技术方案;
- 6 监测方案;
- 7 应急预案等。

3.0.4 逆作地下水平结构构件施工宜采用木模、钢模等支模方式进行施工,支承模板的地基应满足承载力和变形要求。

3.0.5 围护结构与主体结构相结合时,应根据设计要求在围护结构内预埋钢筋、钢筋接驳器、剪力槽及其他埋件。

3.0.6 逆作法施工中应对支护结构与主体结构各部位的节点连接构造、受力及变形协调、止水等方面采取针对性的技术措施,并应满足设计及规范的要求。

3.0.7 地上地下结构同步施工的工程,施工方应与主体结构设计方、基坑支护设计方、施工监测方紧密配合,确定具体的上下同步施工流程和主要工况,明确关键结构和节点的施工技术要求和监测重点。

3.0.8 竖向支承桩柱施工时应根据设计要求进行垂直度控制,逆作法土方开挖过程中相邻支承柱之间及支承柱与相邻围护结构之间的差异沉降应控制在设计允许的范围以内,并符合相关规范的要求。

3.0.9 逆作法施工过程中应采取有效的地下水控制措施,并应对基坑内外的地下水位、降水井群抽水量进行动态监测,实行降水运营信息化管理。

3.0.10 逆作法基坑开挖应按照“时空效应”原理,遵循“分层、分块、平衡对称、限时支撑”的原则,并应符合基坑设计开挖工况。

3.0.11 逆作法工程施工应根据监测信息对设计与施工进行动态的调整,宜利用反馈信息进行再分析,校核设计与施工参数,指导后续的设计与施工。

3.0.12 逆作法施工中应采取有效的安全及作业环境控制措施,应根据环境及施工方案要求设置通风、排气及照明设施。

4 围护结构(墙)施工

4.1 一般规定

4.1.1 逆作法围护结构主要有“两墙合一”地下连续墙、灌注桩排桩、型钢水泥土搅拌墙和咬合桩等形式。

4.1.2 围护结构施工前应收集相关资料,除应满足本规程 3.0.2 条外,尚应包括以下资料:

- 1 施工现场的地形、地质、气象和水文资料;
- 2 邻近建(构)筑物,包括地铁、隧道、地下人防等相关资料;
- 3 邻近古树和地下管线、架空线等相关资料;
- 4 测量基线和水准点资料;
- 5 防洪、防汛、防台和环境保护的有关规定;
- 6 主体地下结构防水、排水要求。

4.1.3 围护结构施工前应做好下列准备工作:

- 1 遇有不良地质时,应做好探摸和处理工作;
- 2 应复核测量基准线、水准基点,并在施工中做好复测及保护工作;
- 3 应做好场地内的道路、供电、供水、排水、泥浆循环系统等设施;
- 4 标明和清除围护结构处的地下障碍物,对地下管线应妥善处理,做好施工场地平整工作;
- 5 做好设备进场安装调试、检查验收工作。

4.1.4 围护结构位于不良土质中时,施工前宜进行预加固处理。

4.1.5 围护结构施工应严格执行职业健康安全和环境保护的有

关规定,做好废浆渣土的外运和排放,严禁违章排放。

4.1.6 围护结构施工除本章规定外尚应符合上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》(DG/TJ08—61)的规定。

4.2 地下连续墙

4.2.1 地下连续墙施工前应通过试成槽确定成槽机械、护壁泥浆配比、施工工艺、槽壁稳定等技术参数。

4.2.2 地下连续墙成槽应采用具有自动纠偏功能的成槽设备,成槽过程中应及时纠偏,垂直度偏差不应大于 1/300。

4.2.3 地下连续墙位于暗浜区、扰动土区、浅部砂性土中或邻近保护要求较高的建(构)筑物时,地下连续墙两侧槽壁宜采用水泥土搅拌桩等进行预加固。

4.2.4 成槽深度进入密实粉砂层(标贯击数 N 大于 50 击)较深时宜采用抓铣结合的成槽方法。

4.2.5 护壁泥浆应根据材料和地质条件进行试配,泥浆配合比应按现场试验确定,新拌制的泥浆应充分水化后贮存 24h 以上方可使用,成槽时泥浆的供应及处理系统应满足泥浆使用量的要求,应采用泥浆检测仪器检测泥浆指标,槽段开挖结束后及钢筋笼入槽前应对槽底泥浆和沉淀物进行置换。循环泥浆应采取分离净化等再生处理措施,当泥浆含砂率大于 7% 时宜采用除砂器除砂。

4.2.6 地下连续墙槽段间的连接接头可采用圆形锁口管接头、十字钢板接头、工字钢接头、V 型钢板接头、钢筋混凝土预制接头和套铣接头等形式。

4.2.7 在地下连续墙槽段接头外侧,应根据地质条件及防渗要求采取高压喷射注浆等防渗加强措施。

4.2.8 地下连续墙钢筋笼制作场地应平整,平面尺寸应满足制作和拼装要求;采用分节吊放的钢筋笼应在场地同胎制作,并进行预拼装,分节位置应满足设计与规范要求;钢筋笼上的剪力槽、插筋、接驳器等应连接牢固可靠,并应按要求进行外观、尺寸、抗拉等检验。

4.2.9 地下连续墙钢筋笼吊筋长度应根据导墙标高计算确定,并应在每幅槽段钢筋笼吊放前测量吊点处的导墙标高。

4.2.10 地下连续墙应进行墙底注浆,墙底注浆应符合下列要求:

1 注浆管应采用钢管,壁厚不应小于 3mm,接头处应采用丝扣套筒连接,注浆器应采用单向阀,并应能承受大于 1MPa 的静水压力;

2 单幅槽段注浆管数量不应少于 2 根,宜设置在墙厚中部,且应沿槽段长度方向均匀布置;槽段长度大于 6m 时宜增设注浆管,注浆管下端应伸至槽底以下 200mm~500mm;

3 注浆管应在混凝土初凝后立即采用清水开塞;

4 注浆宜在墙体混凝土达到设计强度后方可进行,注浆量应满足设计要求,注浆压力宜控制在 0.2MPa~0.4MPa;

5 当注浆量达到设计要求或者注浆量达到 80%设计用量且压力达到 2MPa 时,可终止注浆。

4.2.11 预制地下连续墙作围护结构时应符合下列要求:

1 应根据运输及起吊设备能力、施工现场道路和堆放场地条件,合理确定分幅和预制件长度,墙体分幅宽度应满足成槽稳定性要求;

2 成槽顺序应先转角幅后直线幅,成槽深度应大于设计墙底标高下 100mm~200mm;

3 相邻槽段应连续成槽,幅间接头宜采用现浇钢筋混凝土接头;

4 采用普通泥浆护壁成槽施工的预制地下连续墙,应在墙内预先埋设注浆管,墙体与槽壁之间的空隙应进行注浆固化处理,必要时槽底可进行加固处理;

5 墙段吊放时应在导墙上安装导向架。

4.2.12 地下连续墙的施工尚应符合现行上海市工程建设规范《地下连续墙施工规程》(DG/TJ08—2073)的规定。

4.3 灌注桩排桩

4.3.1 灌注桩排桩施工前应通过试成孔确定合适的成孔机械、施工工艺、孔壁稳定等技术参数,试成孔数量不宜少于2个。

4.3.2 灌注桩排桩成孔机械应采用能确保垂直度的设备,施工过程中须采取措施确保垂直度偏差不应大于1/150。

4.3.3 当灌注桩排桩作为主体地下结构外墙时,垂直度偏差不应大于1/200。

4.3.4 灌注桩排桩桩身范围内存在较厚的粉性土、砂土层时,宜采取下列技术措施:

1 采用膨润土造浆,提高泥浆黏度;

2 先施工隔水帷幕,后施工围护排桩;

3 在围护结构位置宜采用低掺量水泥搅拌桩预加固。

4.3.5 灌注桩排桩钢筋笼吊筋长度应根据地坪标高和设计桩顶标高计算确定,并固定牢靠。

4.3.6 灌注桩排桩外侧应设置隔水帷幕,隔水帷幕型式应根据基坑开挖深度、环境保护要求等因素选用。

4.3.7 当灌注桩排桩作主体结构时应采用低应变动测法检测桩

身完整性,检测桩数不宜少于总桩数的 20%,且不应少于 10 根。桩体混凝土质量应采用超声波透射法进行检测,检测数量不宜少于总桩数的 5%,且不应少于 3 根。必要时可采用钻孔取芯方法进行强度质量检测。

4.3.8 灌注桩排桩的施工尚应符合现行上海市工程建设规范《钻孔灌注桩施工规程》(DG/TJ08—202)的规定。

4.4 型钢水泥土搅拌墙

4.4.1 型钢水泥土搅拌墙是在连续套接的三轴水泥土搅拌桩和等厚度水泥土搅拌墙体中插入型钢形成的复合挡土隔水结构。

4.4.2 型钢水泥土搅拌墙施工应根据地质条件、成桩(墙)深度、桩径、墙厚、型钢规格等技术参数,选用不同功率的设备和配套机具,并应通过试成桩(墙)确定施工工艺及各项施工技术参数。

4.4.3 型钢水泥土搅拌墙施工范围内应进行清障,施工场地应进行平整,施工道路的地基承载力应满足搅拌桩(墙)机、起重机等重型机械安全作业和平稳移位的要求。

4.4.4 型钢水泥土搅拌墙施工时,搅拌桩(墙)机就位应对中,平面允许偏差不应大于 $\pm 20\text{mm}$,搅拌桩(墙)机导向架的垂直度允许偏差不应大于 $1/250$ 。

4.4.5 三轴水泥土搅拌桩搅拌下沉速度宜控制在 $(0.5\sim 1.0)\text{m}/\text{min}$,提升速度在黏性土中宜控制在 $(1.0\sim 2.0)\text{m}/\text{min}$,在粉土和砂土中不宜大于 $1.0\text{m}/\text{min}$,并保持匀速下沉或提升。提升时不应在孔内产生负压造成周边土体的过大扰动,搅拌次数和搅拌时间应能保证水泥土搅拌桩的成桩质量。

4.4.6 三轴水泥土搅拌桩施工宜采用跳打双孔套接复搅连接成墙。对于 N 值大于 30 击的硬质土层,可采用预先钻孔松动土层

后,再用跳打双孔套接复搅连接成墙。当三轴水泥土搅拌桩施工深度大于 30m 时,宜采用加接钻杆的施工工艺。桩与桩之间的搭接时间间隔不应大于 24h。

4.4.7 等厚度水泥土搅拌墙施工中,锯链式切割箱应先行挖掘,当横向推进速度达到 2.0m/h 时,可采用注入固化液挖掘、搅拌的一循环成墙工艺;当横向推进速度缓慢时,应采用先行挖掘、回撤挖掘、再注入固化液搅拌的三循环成墙工艺。

4.4.8 等厚度水泥土搅拌墙施工中,挖掘液混合泥浆流动度应控制在 135mm~240mm 之间,固化液混合泥浆流动度应控制在 150mm~280mm 之间。

4.4.9 等厚度水泥土搅拌墙施工需拔出切割箱时,应及时回灌固化液。

4.4.10 对环境保护要求高的基坑工程,采用三轴水泥土搅拌桩机成桩时,宜选择螺旋式或螺旋、叶片交互配置的搅拌钻杆,并应通过试成桩及施工过程中的实际监测结果,调整施工参数和施工部署。

4.4.11 型钢回收起拔应在水泥土搅拌墙与主体结构外墙之间的空隙回填密实后进行,型钢拔出后留下的空隙应及时注浆填充,并应编制包括浆液配比、注浆工艺、拔除顺序等内容的专项施工方案。周边环境条件复杂、保护要求高的基坑工程,型钢不宜回收。

4.4.12 基坑开挖前应检验水泥土搅拌桩的桩身强度,强度指标应符合设计要求。水泥土搅拌的桩身强度宜采用浆液试块强度试验确定,也可以采用钻取桩芯强度试验确定。

4.4.13 型钢水泥土搅拌墙施工尚符合国家行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》(JGJ/T199)的规定。

4.5 咬合桩

4.5.1 咬合桩施工可采用软法咬合或者硬法咬合的施工方法,宜根据桩长、周边环境条件、场地土层条件等情况综合确定。

4.5.2 咬合桩施工前须通过试成孔确定合适的成孔机械、施工工艺、孔壁稳定等技术参数。试成孔数量应根据工程规模和施工场地地层特点确定,且不应少于1组。

4.5.3 咬合桩施工前应设置现浇钢筋混凝土导墙,其强度和刚度应满足施工设备作业时的承载力、变形及稳定性要求。

4.5.4 导墙施工时应沿导墙长度方向每隔1m设一根钢筋拉通两侧导墙,靠近路面一侧的导墙主筋应与路面钢筋连接。导墙混凝土强度达到设计强度70%后,方可进行咬合桩施工。

4.5.5 采用软法咬合施工咬合桩时应跳孔施工,Ⅰ序桩和Ⅱ序桩应间隔布置,应按Ⅰ1→Ⅰ2→Ⅱ1→Ⅰ3→Ⅱ2→Ⅰ4→Ⅱ3→……的顺序组织咬合桩施工。咬合桩桩身垂直度偏差不应大于1/300。

4.5.6 咬合桩成孔的钢套管使用前,应对钢套管的顺直度进行检查和校正。钢套管安装好后,应复测钢套管垂直度,满足要求后方可施工。

4.5.7 咬合桩成孔过程中应始终确保套管底标高低于取土面不少于2.5m,且应确保取土面稳定。

4.5.8 咬合桩钢筋笼宜同胎制作,宜采用机械连接接头,钢筋笼上预留的插筋、接驳器等预埋件应牢固牢靠。

4.5.9 钢筋笼吊放时应采取限位措施,有预埋件的圆形钢筋笼不能扭转,方形钢筋笼需设置限位措施。

4.5.10 咬合桩混凝土浇筑过程中应边灌注混凝土边上拔套管,

且应确保套管底标高不低于混凝土面以下 2.5m。

4.5.11 采用软法咬合时,咬合桩施工应满足下列要求:

- 1 在起点应设置一根砂桩,便于封闭时咬合;
- 2 II 序桩的钢套管沉入深度应比 I 序桩深 500mm;
- 3 I 序桩应采用超缓凝混凝土,II 序桩采用普通混凝土,I 序桩终凝前应完成 II 序桩的施工。I 序桩混凝土的初凝时间应根据成桩工艺及土层情况综合确定,且不宜小于 60h,对不同批号的水泥及不同批号的外加剂,应提前做好配合比试验。

4.5.12 采用硬法咬合时 I 序桩、II 序桩混凝土均应采用普通混凝土。

4.5.13 咬合桩身混凝土质量应采用超声波透射法进行检测,检测数量不应少于总桩数的 5%,且不应少于 3 根。必要时可采用钻孔取芯方法进行强度质量检测。

5 竖向支承桩柱施工

5.1 一般规定

5.1.1 竖向支承桩柱施工前应做好下列准备工作：

- 1 做好清除障碍物及场地平整工作；
- 2 完成混凝土硬地坪施工；
- 3 根据设计要求选择合适的施工机械、施工工艺；
- 4 明确支承柱加工、连接安装及检测等施工方法。

5.1.2 硬地坪施工应符合下列要求：

- 1 硬地坪厚度宜为 150mm~200mm，混凝土强度等级不应低于 C20，当需要行走大型吊机时宜配置钢筋；
- 2 单桩施工作业范围内平整度偏差不宜大于 10mm；
- 3 地基应满足承载力与变形的控制要求。

5.1.3 桩位测量及定位应符合下列要求：

- 1 施工前应复核测量基准点、水准点及建筑物的基准线，并采取保护措施；
- 2 桩位放样定位时，在硬地坪上敲入钢钉，并用红漆画好定位三角，标明桩号；
- 3 控制点、水准点等测量标志均应严格保护好，作好醒目标志并作好记录；
- 4 桩的定位偏差不应大于 10mm。

5.1.4 竖向支承柱结构可采用钢格构柱、钢管混凝土柱、型钢柱等型式，针对不同型式应采取相应的施工工艺，垂直度偏差应满足设计要求，且不应大于 1/300。

5.1.5 竖向支承桩施工应根据土质条件、环境保护要求,通过试成孔来选择合适的成桩工艺及机械,试成孔数量不宜少于 2 个。

5.2 竖向支承桩施工

5.2.1 当竖向支承桩桩端位于砂土层中且采用回转钻机施工时,成孔宜选择反循环成孔与清孔工艺。

5.2.2 竖向支承桩桩身范围内存在深厚的粉性土、砂土层时,成孔施工中宜采用膨润土泥浆护壁,并结合除砂器除砂,清孔时应同时检测泥浆比重、黏度、含砂率等泥浆指标。

5.2.3 竖向支承桩成孔过程中应采取措施控制成孔垂直度,成孔结束后应检查成孔垂直度和孔底沉渣。成孔垂直度偏差不应大于 $1/150$,支承柱插入范围内的成孔垂直度偏差不应大于 $1/200$,沉渣厚度应满足设计要求,且不应大于 50mm。

5.2.4 竖向支承桩的钢筋笼与支承柱之间的水平净距应根据桩和柱的垂直度偏差控制要求以及相关构造要求综合确定,且不应小于 150mm。

5.2.5 竖向支承桩应进行桩端后注浆,注浆管根数不少于 2 根,注浆量和注浆压力应满足设计要求。

5.2.6 竖向支承桩应全数进行成孔检测,可采用超声波透射法检测桩身混凝土质量,检测数量为总桩数的 50%,超声波管与注浆管共用时应采用钢管。

5.2.7 竖向支承桩的施工尚应符合现行上海市工程建设规范《地基基础设计规范》(DGJ08—11)和《钻孔灌注桩施工规程》(DG/TJ08—202)的规定。

5.3 竖向支承柱施工

5.3.1 竖向支承柱宜在工厂焊接制作,可分节制作现场水平拼接。现场水平拼接时应采取措施确保竖向支承柱的平直度及精度。

5.3.2 竖向支承柱插入支承桩方式可采用先插法或后插法,可结合支承柱类型、施工机械设备及垂直度要求等因素综合确定。

5.3.3 竖向支承柱采用先插法施工时应满足下列要求:

- 1 先插法的竖向支承柱定位偏差不应大于 10mm;
- 2 竖向支承柱安插到位,调垂至设计垂直度控制要求后,应采取措施在孔口固定牢靠;
- 3 用于固定导管的混凝土浇筑架宜与调垂架分开,导管应居中放置,并控制混凝土的浇筑速度,确保混凝土均匀上升;
- 4 竖向支承柱内的混凝土应与桩的混凝土连续浇筑完成;
- 5 竖向支承柱内混凝土与桩身混凝土采用不同强度等级时,施工时应控制其交界面处于低强度等级混凝土一侧;竖向支承柱外部混凝土的上升高度应满足支承桩混凝土泛浆高度要求。

5.3.4 竖向支承柱采用后插法施工时应满足下列要求:

- 1 后插法的竖向支承柱定位偏差不应大于 10mm;
- 2 混凝土宜采用缓凝混凝土,应具有良好的流动性,缓凝时间应根据施工操作流程综合确定,且初凝时间不宜小于 36h,粗骨料宜采用 5mm~25mm 连续级配的碎石;
- 3 应根据施工条件选择合适的插放装置和定位调垂架;
- 4 应控制竖向支承柱起吊时变形和挠曲,插放过程中应及时调垂,满足设计垂直度要求;
- 5 钢格构柱、H 型钢柱的横截面中心线方向应与该位置结

构柱网方向一致,钢管柱底部需加工成锥台形,锥形中心应与钢管柱中心对应;

6 插入竖向支承柱后应在柱四周均匀回填砂石。

5.3.5 竖向支承柱吊放应采用专用吊具,起吊变形应满足垂直度偏差控制要求。

5.3.6 竖向支承柱在施工过程中应采用专用调垂架控制定位、垂直度和转向偏差。调垂架安装应满足支承柱调垂过程中的精度要求,竖向支承柱宜接长高出地面,高出长度应根据调垂架需要确定。

5.3.7 竖向支承柱安装及调垂过程中应进行垂直度检测。应采用垂直度测试管或倾斜计等测垂方法,检测支承柱安放就位过程中的垂直度。

5.3.8 竖向支承柱安装施工中应考虑下列因素以确保安装精度:

- 1 竖向支承桩的垂直度和孔径偏差;
- 2 分节制作时拼接的精度;
- 3 调垂架调垂误差;
- 4 混凝土浇筑及支承柱四周回填不均匀等因素引起的误差。

5.3.9 竖向支承桩柱混凝土浇筑完成后应待混凝土终凝后方可移走调垂固定装置,并应在孔口位置对支承柱采取固定保护措施。

5.3.10 钢管混凝土支承柱施工前应通过试验柱以确定合适的混凝土浇筑、调垂、测垂等施工工艺;钢管混凝土柱施工完成后应采用超声波透射法对支承柱进行质量检测,检测数量不应小于支承柱总数的 20%,必要时应采用钻孔取芯方法对支承柱混凝土质量进一步检测;基坑开挖后,支承柱应全数采用敲击法检测支承柱质量。

6 地下水平结构施工

6.1 一般规定

6.1.1 地下水平结构施工前应做好以下准备工作：

- 1 复核测量基准线、水准基点,并在施工中做好复测及保护工作;
- 2 做好场地内的道路、供电、供水、消防、排水系统等设施;
- 3 确定场地的平面布置;
- 4 完成降水、围护、加固等前道工序的施工;
- 5 地下室的设计图纸已完善并具备施工条件。

6.1.2 地下水平结构施工前应确定各类临时开口,临时开口周边应设置防护栏杆,临时开口的设置尚应考虑以下因素:

- 1 临时开口的位置不宜设置在边跨,如需设置在边跨时应临时对临时开口周边结构进行加固处理;
- 2 临时开口平面布置应结合施工部署、行车路线、地下水平结构分区、上部结构施工平面布置等综合确定;
- 3 临时开口大小应结合挖土设备作业、施工机具及材料运输等确定;
- 4 临时开口不宜设置在高低跨处;
- 5 临时开口应结合后续结构(如楼梯、电梯井筒体等)施工便利性确定;
- 6 临时开口四周应设置必要的挡水槛,对长时间使用的洞口,宜采取有效避雨措施。

6.1.3 地下水平结构临时开口周边的结构梁预留钢筋宜采用 I

级机械接头。应对预留钢筋采取必要的保护措施。

6.1.4 地下结构顶板临时开口施工缝应根据永久结构防水要求采取防水措施。

6.1.5 地下水平结构施工前,应结合结构形式和土层的强度情况,确定模板、支架形式及高度。

6.1.6 地下水平结构采用钢结构或钢与混凝土组合结构时,水平结构楼板应预留下层钢结构吊装用埋件,并应考虑钢结构吊装设备的作业空间。

6.1.7 地下水平结构施工时,柱、墙的水平施工缝留设应符合以下要求:

1 水平施工缝的留设应结合设计要求、后续结构施工便利性要求综合确定;

2 竖向钢筋留设应采取必要的保护措施,宜采用Ⅰ级机械接头;

3 外墙的水平施工缝应采取相应的止水措施。

6.2 模板工程施工

6.2.1 地下水平结构施工时模板的选型应考虑工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等因素综合确定。

6.2.2 地下水平结构模板形式可采用排架模板、无排模板及垂吊模板,模板施工时应满足以下要求:

1 排架支撑模板的排架高度宜为1.2m~1.8m,采用盆式开挖时周边留坡体斜面应修筑成台阶状,且台阶边缘与支承柱间距不宜小于500mm;

2 采用无排模板时应在垫层浇筑后铺设模板系统,垫层及模板的平整度应符合相关规范的要求;

3 采用垂吊模板时应复核上层水平结构的承载能力,吊具必须检验合格,吊设装置需满足相应的荷载要求,垂吊装置应具备安全自锁功能;

4 对于跨度不小于 4m 的钢筋混凝土梁板结构,模板应按设计要求起拱;当设计未作要求时,起拱高度宜为跨度的 $1/1000 \sim 3/1000$,并应根据垫层和土质条件综合确定。

6.2.3 地下水平结构施工前应预先考虑后补结构的施工方法,并应采取下列技术措施确保后补结构施工满足设计及相关规范要求:

1 后补框架柱的四周或中间应预留混凝土浇捣孔,浇捣孔孔径大小宜为 120mm~220mm,每个框架柱浇捣孔数量不应少于 2 个,应呈对角布置,且应避让框架梁钢筋设置;

2 后补剪力墙侧边或中间应预留混凝土浇捣孔,浇捣孔宜沿剪力墙方向按 1200mm~2000mm 间距均匀布置;

3 后补结构的混凝土浇捣孔可使用 PVC 管进行预留。

6.2.4 地下水平结构采用排架模板及无排模板施工时均应设置垫层,垫层厚度不宜小于 100mm,混凝土强度宜采用 C20。当垫层下地基承载力和变形不满足支模要求时应预先对地基进行加固处理。

6.3 钢筋混凝土施工

6.3.1 临时支承柱部位的梁板配筋及连接节点应满足逆作阶段及永久使用阶段的工况要求。

6.3.2 结构柱、墙钢筋接头宜采用直螺纹接头或焊接接头,预留钢筋平面定位应采取相应固定措施。

6.3.3 地下水平结构每批次混凝土浇筑时应根据相关规范要求

留设相应的拆模混凝土试块。

6.4 节点构造要求

6.4.1 逆作法施工中的节点包括围护墙与地下水平结构连接节点、梁柱节点等,节点施工应符合设计要求、施工工序以及国家相关标准。

6.4.2 当围护墙采用“两墙合一”地下连续墙时,其与地下水平结构连接的节点施工应符合以下要求:

1 压顶圈梁顶部应预留与上部后浇筑结构墙体连接的插筋,且压顶圈梁与地下连续墙、后浇筑结构外墙之间应采取可靠的止水措施;

2 地下连续墙与结构梁板、底板的连接节点施工应符合设计要求和现行国家有关标准的规定,并应采取有效的止水措施;

3 地下连续墙分缝部位应根据设计要求设置结构壁柱等;

4 结构沉降后浇带位置宜设置地下连续墙槽段分缝,且槽段之间宜采用柔性接头;

5 地下结构水平构件与地下连续墙连接部位的插筋、接驳器等预埋件,应按设计要求进行连接,应在充分清理地下连续墙表面稀松混凝土和湿润连接面后进行混凝土浇筑施工。

6.4.3 当围护墙采用临时围护结构时,围护墙与地下水平结构之间应根据设计要求设置临时钢支撑或混凝土支撑,应同时预留设地下水平结构与周边后浇筑地下室外墙之间的插筋,并采取止水措施。

6.4.4 框架梁与竖向支承柱的梁柱节点连接部位施工应符合以下要求:

1 当竖向支承柱采用角钢格构柱时,梁柱节点位置梁钢筋

穿越可采用钻孔钢筋连接法、传力钢板法或梁侧加腋法等；

2 当竖向支承柱采用钢管混凝土柱时，梁柱节点位置梁钢筋穿越可采用环梁节点、传力钢板节点或双梁节点等。

6.4.5 地下水平结构在后浇带位置、结构高低跨位置以及结构梁板缺失区域应根据设计要求设置可靠的水平传力构件。

6.4.6 竖向支承柱与地下水平结构构件连接节点应根据设计要求设置抗剪钢筋、栓钉或钢牛腿等抗剪措施。

6.4.7 当逆作阶段柱下竖向荷载较大时，竖向支承桩柱可采用一柱多桩型式。临时竖向支承柱与梁连接位置应根据逆作阶段工况按支座考虑加强梁顶部钢筋。

7 竖向结构施工

7.1 一般规定

7.1.1 逆作法竖向结构施工包括地下室框架柱、剪力墙、地下室外墙(包含内衬墙及壁柱)等界面层以下的竖向混凝土结构,剪力墙宜在完成底板后逐层由下向上进行回筑。

7.1.2 逆作法竖向结构施工前应对接缝部位进行清理,并应对预留的钢筋、机械接头、浇捣孔等进行整修。

7.1.3 逆作法竖向结构施工前应对轴线及各构件定位及标高进行复核。对照水平结构施工时的数据,当偏差较大时应会同设计方进行调整。

7.1.4 竖向结构施工要求尚应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)的规定。

7.2 钢筋施工

7.2.1 结构柱和墙的主筋应在水平构件中预留,竖向结构施工时钢筋连接方式宜采用机械连接或焊接。

7.2.2 竖向结构插筋接头应按设计及规范要求错开设置;当无法错开时,应采用Ⅰ级机械连接接头。

7.2.3 对不同钢筋接头形式,应进行隐蔽工程验收;机械接头或焊接接头试件中,宜部分采用现场取样形式。现场取样数量不应少于总检测数的10%,且不少于2组。

7.2.4 水平结构预埋钢筋时应将暴露在外部的钢筋进行防锈及防腐保护。竖向结构施工前,应对预埋钢筋进行检查。预埋钢筋

损坏缺失时应按设计要求补强。

7.3 模板工程施工

7.3.1 采用顶置浇捣孔施工竖向结构时,宜在柱、墙的侧上方楼板上或柱、墙中心留孔,柱、墙模板顶部宜设置喇叭口,并应与浇捣孔位置对应。喇叭口混凝土浇筑面的高度宜高于施工缝标高300mm以上。

7.3.2 剪力墙回筑时,宜沿墙侧楼板或墙中心设置浇捣孔,浇捣孔间距宜为1200mm~2000mm。柱的浇捣孔一般在柱四角楼板处设置,数量不应少于2个。

7.3.3 逆作法柱、墙模板施工中,模板体系应考虑逆作法施工特点进行加工与制作。模板预留洞、预埋件的位置应按图纸准确留设。

7.3.4 模板体系应具有足够的承载能力、刚度和稳定性,能可靠地承受浇筑混凝土的重量、侧压力以及施工等荷载。

7.3.5 当一次混凝土浇筑高度超过4m时,宜在模板侧面增加振捣孔或分段施工。

7.4 混凝土施工

7.4.1 逆作法竖向结构施工宜采用高流态低收缩混凝土,混凝土配合比应根据逆作法特点配置,浇捣前应对混凝土配合比及浇筑工艺进行现场试验。混凝土在现场应做好坍落度试验,并应制作抗压抗渗试块及同条件养护试块。

7.4.2 竖向结构混凝土浇筑前应清除模板内各种垃圾并浇水湿润,浇筑时应连续浇捣,不应出现冷缝;宜通过浇捣孔用振动棒对竖向结构混凝土进行内部振捣,不宜直接振捣部位应在外侧使用

挂壁式振捣器组合振捣；钢筋密集处应加强振捣，分区分界交接处宜向外延伸振捣范围不少于 500mm。

7.4.3 采用劲性构件的竖向结构，应在水平钢板位置设排气孔，预留孔应采取等强加固措施。支承柱外包混凝土施工时应将钢结构表面清理干净，确保外包混凝土与支承柱的连接密实。

7.5 接缝处理

7.5.1 逆作法竖向结构应采取措施确保水平接缝的密实度，应结合工程情况采用超灌法或注浆法的接缝处理方式。

7.5.2 采用超灌法时，竖向结构混凝土宜采用高流态低收缩混凝土。

7.5.3 当竖向结构承载力和变形要求较高时，宜在接缝处预埋注浆管，竖向结构施工完成后采用灌浆料对接缝进行处理，灌浆料宜采用高流态低收缩材料，强度高于原结构一个等级。注浆管间距宜控制在 600mm 左右，注浆宜选用以下几种方式：

1 在接缝部位预埋专用注浆管，混凝土初凝后，通过专用注浆管注浆；

2 在接缝部位预埋发泡聚乙烯接缝棒，正常浇捣混凝土，混凝土强度达到设计值后用稀释剂溶解接缝棒，形成注浆管道进行注浆；

3 混凝土强度达到设计值后，在接缝部位用钻头引洞。安装有单向功能的注浆针头，进行定点注浆。

8 地上地下结构同步施工

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于以地下结构顶板或地下一层为界面层,在向下逆作施工地下结构的同时,同步向上施工界面层以上结构的逆作法施工;上部结构宜在界面层与下部不少于一层的地下水平结构形成箱体,且混凝土达到设计强度后进行施工。

8.1.2 上下同步施工实施前应确定有针对性的施工技术措施,包括以下主要内容:

- 1 结合主体结构确定合理的竖向和转换结构体系;
- 2 选择合适的上下同步施工界面层及上下同步施工流程;
- 3 确定适应于上下同步施工工况的场地布置和机械配置;
- 4 选择采用受力明确、施工方便且与永久阶段构件结合良好的施工阶段临时构件和节点形式。

8.1.3 上下同步施工工程宜全程采用信息化施工,应对竖向支承桩、柱、转换梁等关键部位的内力和变形提出有针对性的施工监测方案、报警机制和应急预案。

8.1.4 施工界面层应采用刚度良好、传力可靠的水平结构体系。

8.1.5 应控制上下同步施工的步序,上部同步施工的层数应根据设计要求确定。

8.2 施工工况模拟

8.2.1 上下同步施工工程应针对典型的施工工况,采用桩柱、地下室结构及上部结构共同作用的模型进行模拟分析。

8.2.2 在施工工况模拟中应考虑如下荷载和作用：

1 首层楼面的施工荷载设计取值不应小于 10kN/m^2 。车辆运输通道的施工荷载可按实际取值，且不宜小于 25kN/m^2 ；

2 其余各层楼面施工活载应按实际考虑，但取值不应小于 1kN/m^2 ；

3 外挂脚手重量按实际考虑，且取值不得小于 1.5kN/m^2 ；

4 在施工工况模拟分析中材料自重按《建筑结构荷载规范》(GB50009)取值；

5 对于分段施工、换撑、竖向构件托换等情形，应考虑初始变形对构件的影响；

6 对于超长结构应考虑温度变化和材料收缩的影响。

8.2.3 对于向上同步施工层数较高的结构尚应考虑以下因素：

1 风荷载相关参数取值可参照《建筑结构荷载规范》(GB50009)，迎风面按实际工况考虑，采用防尘网时可允许对风载进行折减；

2 对于抗震墙下托换支承柱、转换梁及竖向支撑应进行施工阶段的地震作用验算，可按设防烈度进行小震弹性计算，相关构件的抗震等级可取四级。对于其余地下临时构件及地上结构可不作施工阶段地震验算。

8.2.4 施工阶段的竖向支承柱的承载力验算应满足如下要求：

1 竖向支承柱与梁及转换梁应分别按刚接或铰接两种工况进行受力复核并取其包络值；

2 支承柱应按偏心受压构件进行承载力计算和稳定性验算；

3 墙下临时支承柱宜按《混凝土结构设计规范》(GB50010)的规定进行防连续倒塌复核；

4 钢管混凝土支承柱承载力计算中对钢管的抱箍作用应予以折减,折减系数不应大于 0.7;

5 施工阶段竖向支承柱计算长度取值为 $1.2L_0$ 且不应小于 $(L_0+2)\text{m}$, L_0 为已完成水平结构底至挖土面的距离。

8.3 竖向构件和转换构件的技术要求

8.3.1 上下同步施工中支承桩需满足如下要求:

1 竖向支承桩应采用成桩精度高、承载力和沉降控制可靠的成桩工艺;

2 应通过静载试验确定其承载力,试桩数量不少于 2 根,不宜利用支承桩作为试桩;

3 竖向支承桩应 100%采用超声波透射法检测桩身质量。

8.3.2 上下同步施工中,支承柱布置应满足以下要求:

1 框架柱部位宜原位设置支承柱,向上同步施工层数较高的结构宜采用钢管混凝土支承柱或双轴刚度接近的型钢支承柱;

2 剪力墙部位宜原位对中布置临时多支承柱托换;

3 非原位设置临时支承柱应采用格构柱或型钢柱,并应在界面层设置临时转换厚板或转换梁托换。

8.3.3 支承柱插入支承桩应满足以下要求:

1 带栓钉钢管支承柱插入深度不应小于 4 倍钢管外径,且不应小于 2.5m;

2 不带栓钉钢管支承柱插入深度不应小于 6 倍钢管外径,且不应小于 4m;

3 格构柱插入深度不应小于 3m;

4 对于钢管支承柱插入范围及以下 5 倍桩径范围内桩箍筋应加密,间距不应大于 100mm。

8.3.4 剪力墙采用原位竖向支承柱托换应满足如下要求：

- 1 托换支承柱宜采用格构柱；
- 2 当地下室墙体厚度不小于 $(d+200)\text{mm}$ (d 为竖向支承柱沿墙体厚度方向的外包尺寸)，且支承柱定位精度确有保证时，支承柱可允许采用钢管混凝土柱或型钢柱；
- 3 原位布置的支承柱宜避开剪力墙钢筋密集部位布置；
- 4 剪力墙水平筋宜绕过支承柱，必要时支承柱可旋转一定角度。

8.3.5 上部钢筋混凝土框架柱下设置的竖向支承柱除满足正常使用阶段的设计要求外尚应满足如下要求：

- 1 应在界面层设置双向连系梁，梁与支承柱截面中线宜重合；
- 2 梁高不宜小于跨度的 $1/10$ ，梁宽不宜小于上部框架柱宽；
- 3 连系梁与支承柱按各自刚度分配上部结构框架柱传来的弯矩和剪力；
- 4 连系梁宜与主体结构框架梁结合。

8.3.6 上部钢筋混凝土框架柱与临时多支承桩柱的转换应满足如下要求：

- 1 宜在界面层部位设置厚板转换；
- 2 宜设置双向连系梁并贯通转换厚板。连系梁应与上部框架柱截面中线重合，梁高不宜小于跨度的 $1/10$ 。梁宽宜大于上部框架柱宽；
- 3 连系梁宜与主体结构梁结合；
- 4 转换厚板或梁应在地下室框架柱达到设计强度后方可拆除，临时支承柱应对称分批拆除。

8.3.7 地下部分剪力墙及筒体应在界面层位置设置临时转换托

梁,并满足如下要求:

1 转换梁高度不宜小于支承柱间跨度的 $1/8$ 。转换梁宜结合框架梁或剪力墙暗梁设置;

2 对于向上施工楼层较高的筒体及剪力墙,剪力墙宜向下施工一层,或在支承柱之间设置竖向柱间支撑;

3 剪力墙钢筋应穿越转换梁及地下各楼层梁并满足钢筋连接要求。剪力墙施工缝可设在梁底,交接面应凿毛;

4 如墙外对称设置竖向支承柱,可设置临时托梁,托梁宽度宜大于支承柱宽度 400mm,高度宜大于转换梁高度 50mm,待相关部位地下结构施工完成并达到设计强度后方可拆除。

9 基坑降水

9.1 一般规定

9.1.1 逆作法基坑降水可采用集水明排、管井降水、真空管井降水、轻型井点降水、喷射井点降水等方法。

9.1.2 地下结构顶板施工前,降水管井顶部宜下移至地下结构顶板底部以下,地下结构顶板下方不宜逐段向下割除降水井管。减压降水井顶部标高应高于初始承压水位 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。

9.1.3 降水管井与井点施工应严格控制成孔孔径、深度、填砾规格、滤管制作质量。

9.1.4 抽水稳定后,抽出的地下水应清澈,对于出水浑浊的井点应及时更换。

9.1.5 逆作法基坑开挖前,可通过预降水措施检验隔水帷幕的隔水效果。

9.1.6 逆作法基坑降水过程中,施工现场应配置应急电源。

9.1.7 逆作法基坑降水应符合上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》(DG/TJ08-61)的规定。

9.2 基坑降水

9.2.1 逆作法基坑开挖前,开挖土体的疏干度不应小于 80% ,粘性土的含水量减小幅值不宜小于其天然含水量的 8% ,砂性土的含水量减小幅值不宜小于其天然含水量的 10% 。

9.2.2 当采用盆式开挖时,对周边设置的临时边坡可采用轻型井点或喷射井点降水措施。

9.2.3 降水井管宜采用钢质材料；疏干降水井管壁厚不应小于4mm，承压水减压降水井管壁厚不应小于6mm。

9.2.4 承压水减压降水井及留作泄水孔的疏干降水井的过滤管顶端标高宜低于坑底标高1.0m以上。

9.2.5 基坑开挖施工中真空降水井应满足下列要求：

- 1 井管应密闭，并与真空泵吸气管相连；
- 2 应对开挖后暴露的井管、过滤器、填砾层等采取有效密闭措施；

- 3 在井管与真空泵吸气管的连接处应安装高灵敏度真空压力表监测井管内真空度的变化。

9.2.6 对以淤泥质粘性土为主的地层，或预抽水时间不足时，宜采用配备分离式过滤器的超真空疏干降水井进行疏干降水。

9.2.7 基坑开挖过程中，开挖面以上的降水井管与各层支撑或楼板之间应有可靠的连接措施。

9.2.8 轻型井点与喷射井点施工应满足下列要求：

- 1 抽水阶段的管内真空度不应小于65kPa，每根井点管与总管连接处及每根井点管周围不应漏水漏气；

- 2 抽水阶段的循环水应保持清澈，降水过程中如出现水质浑浊应及时更换；

- 3 单套井点的抽水量不应小于单套井点的设计流量。

9.2.9 降水井管施工应满足下列要求：

- 1 成孔施工中的泥浆比重不宜大于1.15，井管安装阶段的泥浆比重不宜大于1.10，填砾阶段的泥浆比重不宜大于1.05；

- 2 成孔垂直度偏差不应大于1/100；

- 3 达到设计降深时的管井出水量不应小于管井的设计流量，在同一水文地质单元内结构基本相同的管井的出水量应

相近；

4 井管内沉淀物的厚度不应大于井深的 5‰。

9.2.10 真空降水管井施工除满足本规程 9.2.9 条的规定外,井管周围及泵管与井管连接处不应漏水、漏气,且降水过程中,井管内真空度不应小于 65kPa。

10 基坑开挖

10.1 一般规定

10.1.1 基坑开挖前应编制详细的专项挖土施工方案,方案应包括如下内容:

- 1 工程概况;
- 2 开挖的分层分块情况、挖土流程、开挖方法;
- 3 取土口留设位置及首层楼板的加固区域;
- 4 施工车辆的行走路线;
- 5 明确开挖与结构施工及养护时间关系;
- 6 各分块开挖的时间进度要求;
- 7 施工机械的规格数量与劳动力配备;
- 8 落实卸土场地及出土运输条件;
- 9 质量、安全、文明与环境保护措施;
- 10 应急措施等。

10.1.2 基坑开挖施工方案应根据工程的水文地质条件、环境保护要求、场地条件、基坑的平面尺寸、开挖深度、施工方法等因素综合制定,临水基坑尚应考虑水位与潮位等因素。

10.1.3 逆作法开挖时应采取措施控制相邻支承柱之间、支承柱与围护墙之间的差异沉降。

10.1.4 基坑开挖前应对基坑逆作的每一层土方开挖条件进行验收,开挖条件验收包括如下主要内容:

- 1 基坑降水应降至开挖土层底面 500mm 以下;
- 2 开挖下层土方时上层混凝土结构楼板强度需达到设计

要求；

- 3 临时支护体系安装验收完毕；
- 4 相邻支承柱之间、支承柱与围护墙之间的差异沉降控制在设计要求范围内；
- 5 地下通风及照明设施必须满足要求；
- 6 机械设备的配备应与逆作土方开挖相配套等。

10.2 取土口设置

10.2.1 逆作法施工时，地下结构楼板中需设置一定数量的取土口，取土口的布置应满足下列要求：

- 1 满足结构逆作条件下的受力要求，必要时应对结构洞口进行临时加固或封闭处理；
- 2 取土口间的水平净距不宜超过 30m；
- 3 地下各层楼板与顶板洞口位置宜上下相对应；
- 4 取土口留设时应结合结构的预留洞口、楼梯间、主楼部位、电梯井等进行布置，在满足结构受力情况下，宜加大取土口的面积；
- 5 取土口的位置宜设置在各挖土分区的中部位置，且不宜设置在基坑围护墙边；
- 6 取土口的布设应满足挖土分块流水的需要，每个流水分块至少应布置一个取土口，底板抽条开挖时，应满足抽条开挖时的出土要求；
- 7 取土口位置应考虑内部交通畅通并能与外部道路形成较好的连接。

10.2.2 取土口应采取如下构造措施：

- 1 宜在取土口边设置 200mm×300mm 的翻口梁；

2 楼板临时开洞作为取土口时,洞口结构预留钢筋接头宜采用机械连接。采用同断面机械连接时应采用Ⅰ级接头;接驳器外伸长度不宜超过 300mm,且应采取保护措施;

3 有防水要求的结构部位,取土口施工缝位置应采取防水措施。

10.3 土方开挖及运输

10.3.1 逆作土方开挖应合理划分各层开挖分块大小,施工块划分应综合考虑地下水平结构施工流水及设置结构施工缝的要求。

10.3.2 逆作土方开挖过程中应符合以下要求:

1 挖土时应对支承柱采取保护措施,支承柱两侧土方高差不应大于 1.5m;

2 土方开挖时临时坡体的坡率不宜大于 1:2,坡顶与坡脚之间高差不宜大于 3m;

3 每层土开挖完成时土层面宜平整,高差宜控制在 100mm 以内;

4 应及时拆除并清理结构楼板的模板及支撑体系;

5 在开挖过程中应严格保护井点管、支承桩、监测元件及预留插筋等;

6 大面积深基坑的开挖宜采用盆式挖土,盆边土的留设形式应满足设计工况要求。

10.3.3 土方开挖到标高后,应及时浇捣混凝土垫层,单块土体暴露面积不宜大于 200m^2 ,坑底下土层不应超挖与扰动。

10.3.4 当逆作挖土取土口位置设置集土坑时,集土坑宜在挖土面标高落深 1.0m~1.5m。

10.3.5 结构楼板作为土方运输通道时,应进行专项设计,并应

采取加固措施。

10.3.6 逆作暗挖土方的挖机选择时应充分考虑挖机作业空间的限制因素。

10.3.7 土方的垂直运输机械,可选用设置在首层楼面的长臂挖机、滑臂挖机、抓斗机、取土架、传输带、垂直运输机等设备。

10.3.8 地上地下结构同步施工时,界面层净空应满足垂直取土设备的操作要求,必要时在取土口上方采取上部局部结构后施工的措施。

11 盖挖法施工

11.1.1 盖挖法按其地下结构的施工顺序,分为盖挖顺作法和盖挖逆作法。盖挖逆作法工程中竖向支承体系施工,土方开挖及材料运输、通风防尘及防有害气体、供电和照明等施工应分别按本规程其他章节有关规定执行。

11.1.2 盖挖法施工方案应结合场地内的运输路线、开孔留洞等场地布置方案制定。

11.1.3 临时盖板体系包括盖板和盖板梁,该体系的设计施工应遵循标准化、模数化、低造价、可重复利用等原则。盖板宜采用钢盖板、钢框混合盖板或钢筋混凝土盖板等。

11.1.4 钢盖板宜采用纯钢结构板、格栅板或型钢拼接板;钢筋混凝土混合盖板宜采用在钢板槽里浇筑混凝土形成的盖板结构。

11.1.5 盖板设计时一般宜在盖板四角设置吊装装置,也可隐藏于盖板中间。

11.1.6 盖板在铺设时应严格控制相邻盖板间高差不大于 3mm。

11.1.7 盖板路面应满足美观、平整和汽车行驶的舒适性要求,同时抗疲劳性和面层耐磨性应满足社会车辆和施工车辆通行要求。对社会开放的临时路面应满足公路规范中相应路面等级要求。临时路面的平整度,减震,防滑应满足国家标准《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80—1)的规定。

11.1.8 盖板路面形式宜根据具体情况选择。当有预留面层槽时,宜选择沥青、水泥混凝土面层;当采用钢面板直接作为路面时,宜采用涂抹聚酯材料混合砂粒的面层如沥青混合砂粒面层,或将钢面板刻划防滑条纹作为面层防滑。

11.1.9 盖板梁宜采用型钢梁,型钢梁应满足标准化、承载能力和平整度要求。

11.1.10 首道支撑宜采用混凝土梁与盖板合设方式,并应同时满足盖板梁和支撑的使用要求。

11.1.11 盖板梁在最大设计载荷下的挠度应小于 $L/500$,其中 L 为构件跨度。

11.1.12 盖板与盖板梁之间的连接宜采用预埋件连接,且应设置橡胶垫片隔振、减噪。

11.1.13 相邻盖板间的连接宜采用在盖板邻接处预留孔洞或卡槽并用螺栓等构件进行锚固连接。

11.1.14 混凝土盖板宜在预制板件和纵梁的连接处设置橡胶垫板,在盖板横向接缝处宜采用混有橡胶粒的塑性沥青填料;钢盖板宜在钢板与钢板接缝处、钢板与纵梁连接处设置橡胶垫料,并应在钢盖板上铺设防水材料和沥青混合材料,以实现减震降噪的效果。

11.1.15 作为临时路面的盖板体系应满足防水要求。

1 混凝土盖板防水主要包括混凝土本身的自防水,接缝连接处防水和混凝土上表面的防水涂层三个主要方面。

2 钢盖板的防水主要包括接缝处防水。钢盖板纵向接缝连接处宜采用限位螺栓进行接口,并在接口处设置止水橡胶腻子或粘结防水积压条;在与纵梁连接处宜设置橡胶垫层;横向接缝宜采用粘结防水积压条。

12 基坑监测

12.1 一般规定

12.1.1 在逆作法基坑工程施工的全过程中,应对基坑支护体系及周边环境进行有效的监测,并为信息化施工提供参数。基坑监测应从基坑围护结构施工开始,至地下结构施工完成为止,当工程需要时,应延长监测周期。

12.1.2 逆作法基坑监测应按基坑安全等级为一级、相应的环境保护等级和设计施工技术要求等条件编制监测方案。监测方案应包括以下内容:

- 1 工程概况;
- 2 监测项目、测点布置和监测方法;
- 3 监测元件和仪器;
- 4 监测频率和警戒值;
- 5 资料整理方法及监测成果形式等。

12.1.3 逆作法基坑工程宜采用远程信息化管理。

12.1.4 本章未列的内容可参照现行的上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)及《基坑工程技术规范》(DG/TJ08—61)执行。

12.2 监测项目、测点布置及警戒值

12.2.1 逆作法基坑支护体系与地下结构的监测应符合表 12.2.1 的规定。

表 12.2.1 基坑支护体系监测项目表

序号	监 测 项 目	坑内加固施工和预降水阶段	基坑开挖阶段
1	支护体系观察	—	√
2	围护墙顶部竖向、水平位移	○	√
3	围护体系裂缝	—	√
4	围护墙侧向变形(测斜)	○	√
5	围护墙侧向土压力	—	○
6	围护墙内力	—	○
8	用于支撑体系的梁、板内力	—	√
9	取土口附近的梁、板内力	—	√
10	支承柱竖向位移	√	√
11	支承柱内力	—	※
12	支承桩内力	—	※
13	坑底隆起(回弹)	—	√
14	基坑内、外地下水位	√	√
15	逆作结构梁板柱的裂缝巡视	—	√

注:1. √ 应测项目;○选测项目(视监测工程具体情况和相关单位要求确定);

2. ※当地上地下结构同步施工时,支承柱和支承桩内力为必测项目,若仅基坑部分单独施工,则为选测项目。

12.2.2 围护墙水平位移和竖向位移监测点布置应符合下列要求:

1 围护墙顶部水平位移监测点和竖向位移监测点宜为共用点,监测点间距不宜大于 20m,关键部位宜适当加密,且每条边监

测点不应少于 3 个,基坑每条边的中部、阳角处应布置测点;

2 围护墙计算受力和变形较大处宜布置监测点;

3 周边环境有重点保护对象处应加密监测点;

4 围护墙竖向位移测点与相邻支承柱竖向位移测点宜布置在一断面上;

5 监测点布置尚应满足设计和施工要求。

12.2.3 支承柱竖向位移监测点布置应符合下列要求:

1 监测点宜布置在支承柱计算受力、变形较大的部位;

2 兼作施工栈桥和行车通道区域的支承柱宜布置测点;

3 监测点数量不宜少于支承柱总数的 20%,且不应少于 5 根;

4 对于面积较大的取土口,沿取土口周边方向宜加密监测点的数量;

5 布置测点时,宜确保有 2 个相互垂直的断面连续布置。

12.2.3 支承柱内力监测点宜根据支承柱的结构形式和受力计算布置,内力监测传感器应对称布置。

12.2.4 结构梁、板内力监测点布置宜符合下列要求:

1 监测断面应选在结构梁、板中计算受力较大的部位;

2 兼作栈桥和行车通道的首层结构梁、板应适当加密监测点;

3 每处设置传感器不少于两个,呈正交布置;

4 对于结构梁的内力监测,应在各层楼板相对应的梁中分别选择几个截面埋设传感器,各截面的上下皮钢筋各布一个传感器;取土口处的梁埋设传感器时,宜上下左右各布设一个。

12.2.5 坑底隆起(回弹)监测点布置宜根据基坑面积、取土口位置连续布置测点,形成 2 个相互垂直的断面。

12.2.6 在主体结构底板施工前,相邻支承桩间以及支承柱与邻近基坑围护墙之间的差异沉降不宜大于 $1/400$ 柱距,且不宜大于 20mm。

12.3 远程信息化管理

12.3.1 宜在基坑围护结构施工之前完成远程监控系统的安装、调试工作,具备远程监控系统正常运行条件。在远程监控系统运行过程中,远程监控中心应协调相关工作,保证远程监控系统的正常运行。

12.3.2 监测数据上传工作应满足下列要求:

1 监测单位应在每次现场监测数据量测完成后 2h 内把监测数据上传至远程监控系统;

2 所有监测数据必须真实、完整、有效,不得出现阶段性归零;

3 上传监测数据时,必须有工况信息。

12.3.3 远程监控系统应具有下列功能:

1 对上传的监测数据自动分析、生成历时曲线的功能;

2 预报警自动提示功能;

3 当发生预报警事件时,在管理平台上及时跟踪反馈预报警事件最新信息的功能。

13 施工安全与作业环境控制

13.1 一般规定

13.1.1 逆作法施工过程中的安全与降噪、除尘和空气污染防治、照明及电力设施除了应符合本规程的要求外,尚应符合国家现行标准《建筑施工安全检查标准》(JGJ59)、《建筑施工现场环境与卫生标准》(JGJ146)的有关规定。

13.1.2 逆作法工程施工过程中应采取下列措施控制噪声污染:

- 1 宜优先选用低噪声的机械,固定式机械宜安装隔声罩;
- 2 应经常对机械设备进行维修保养;
- 3 进入施工现场后车辆禁止高声鸣笛;
- 4 应按现行国家标准《建筑施工作业噪声限值》(GB12523)的规定,严格控制施工期间的噪声。

13.1.3 临时用电应按《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46)进行接地保护。

13.1.4 按照总平面布置图的要求保证施工现场道路畅通,通道上不得堆放各种设备、材料和杂物,保证施工现场排水系统良好,现场无积水现象。

13.1.5 闲置取土口、楼梯孔洞及交通要道应搭设防护设施。

13.2 通风排气

13.2.1 在浇筑地下室各层楼板时,按挖土行进路线应预先留设通风口,随地下挖土工作面的推进,通风口露出部位应及时安装通风及排气设施。地下室空气成分应符合国家有关安全卫生

标准。

13.2.2 通风及排气设施应结合基坑规模、施工季节、地质情况、风机类型和噪声等因素综合选择。

13.2.3 逆作法通风排气设施宜采用轴流风机,风机应具有防水、降温和防雷击设施。

13.2.4 风机表面应保持清洁,进、出风口不得有杂物,应定期清除风机及管道内的灰尘等杂物。

13.2.5 风机在运行过程中如发现风机有异常声、电机严重发热、外壳带电、开关跳闸、不能启动等现象,应立即停机检查。不得在风机运行中维修,检修后应试运转 5 分钟左右,确认无异常现象方可开机运转。

13.2.6 风管的设置和安装应符合下列规定:

- 1 风管的直径应根据最大送风量、风管长度等计算确定;
- 2 风管应敷设牢固、平顺,接头严密,不漏风;
- 3 风管不应妨碍运输、影响挖土及结构施工;
- 4 风管使用中应有专人负责检查、养护。

13.3 照明及电力设施

13.3.1 逆作法施工中自然采光不满足施工要求时应单独编制专项照明用电方案。

13.3.2 每层地下室应根据施工方案及相关规范要求装置足够的照明设备及电力插座。

13.3.3 逆作法地下室施工应设一般照明、局部照明和混合照明。在一个工作场所内,不得只设局部照明。

13.3.4 现场照明应采用高光效、长寿命、低能耗的照明光源。对需大面积照明的场所,应采用高压汞灯、高压钠灯或混光用的

卤钨灯等。照明器具和器材的质量应符合国家现行有关强制性标准的规定,不得使用绝缘老化或破损的器具和器材。

13.3.5 照明灯具应置于预先制作的标准灯架上,灯架应固定在支承柱或结构楼板上。

13.3.6 地下施工动力、照明线路应设置专用的绝缘防水线路,宜设置在楼板、梁、柱等结构中,严禁将线路架设在脚手架、钢支承柱及其他设施上。

13.3.7 随着地下工作面的推进,电箱至各电器设备的线路均应采用双层绝缘电线,并架空铺设。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其它有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《上海市基坑工程技术规范》(DG/TJ08—61)
- 《上海市地下连续墙施工规程》(DG/TJ08—2073)
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202)
- 《上海市结构混凝土抗压强度检测技术规程》(DG/TJ08—2020)
- 《上海市钻孔灌注桩施工规程》(DG/TJ08—202)
- 《型钢水泥土搅拌墙技术规程》(JGJ/T199)
- 《地基基础设计规范》(DGJ08—11)
- 《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205)
- 《混凝土工程施工质量验收规范》(GB50204)
- 《建筑结构荷载规范》(GB50009)
- 《混凝土结构设计规范》(GB50010)
- 《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80—1)
- 《上海市基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)
- 《上海市建筑抗震设计规程》(DG/TJ08—9)
- 《建筑桩基技术规范》(JGJ94)
- 《钢筋机械连接技术规程》(JGJ107)
- 《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ162)
- 《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3)
- 《地下防水工程质量验收规范》(GB50208)
- 《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497)
- 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46)
- 《建筑施工安全检查标准》(JGJ59)

《建筑施工现场环境与卫生标准》(JGJ146)

《建筑施工场所噪声限值》(GB12523)

《建筑照明设计标准》(GB50034)

上海市工程建设规范

逆作法施工技术规程

DG/TJ08-2113-2012

条 文 说 明

2012 上海

目 次

3	基本规定	(55)
4	围护结构(墙)施工	(61)
4.1	一般规定	(61)
4.2	地下连续墙	(62)
4.3	灌注桩排桩	(64)
4.4	型钢水泥土搅拌墙	(68)
4.5	咬合桩	(72)
5	竖向支承桩柱施工	(76)
5.1	一般规定	(76)
5.2	竖向支承桩施工	(77)
5.3	竖向支承柱施工	(79)
6	地下水平结构施工	(82)
6.2	模板工程施工	(82)
6.4	节点构造要求	(82)
7	竖向结构施工	(98)
7.1	一般规定	(98)
7.2	钢筋施工	(98)
7.3	模板工程施工	(99)
7.5	接缝处理	(100)
8	地上地下结构同步施工	(101)

8.1	一般规定	(101)
8.2	施工工况模拟	(102)
8.3	竖向构件和转换构件的技术要求	(102)
9	基坑降水	(104)
9.1	一般规定	(104)
9.2	基坑降水	(105)
10	基坑开挖	(108)
10.1	一般规定	(108)
10.2	取土口设置	(108)
10.3	土方开挖及运输	(109)
11	盖挖法施工	(110)
12	基坑监测	(113)
12.1	一般规定	(113)
12.2	监测项目、测点布置及警戒值	(116)
12.3	远程信息化管理	(118)
13	施工安全与作业环境控制	(120)
13.3	照明及电力设施	(120)

Contents

3	Basic requirement	(55)
4	Construction of retaining wall	(61)
4.1	General requirement	(61)
4.2	Diaphragm wall	(62)
4.3	Contiguous bored pile wall	(64)
4.4	Soil mixed wall	(68)
4.5	Secant pile wall	(72)
5	Construction of vertical support	(76)
5.1	General requirement	(76)
5.2	Construction of pile used to support plunge column	(77)
5.3	Construction of plunge column	(79)
6	Construction of underground slabs	(82)
6.2	Formwork construction	(82)
6.4	Requirements of joint construction	(82)
7	Construction of underground vertical structure	(98)
7.1	General requirement	(98)
7.2	Reinforcement construction	(98)
7.3	Formwork construction	(99)
7.5	Disposal of juncture	(100)
8	Synchronous construction of the superstructure and substructure	(101)

8.1	General requirement	(101)
8.2	Modelling of construction sequences	(102)
8.3	Technical requirements of vertical component and conversion component	(102)
9	Dewatering	(104)
9.1	General requirement	(104)
9.2	Dewatering	(105)
10	Excavation	(108)
10.1	General requirement	(108)
10.2	Setup of excavation openings	(108)
10.3	Earth excavation and transportation	(109)
11	Construction of covered excavation	(110)
12	Monitoring	(113)
12.1	General requirement	(113)
12.2	Monitoring items,layout of instrumentation and warning values	(116)
12.3	Remote information management	(118)
13	Safety and operation environment control	(120)
13.3	Lighting and power installation	(120)

3 基本规定

3.0.1 逆作法按不同分类方法有不同类型,一般按照上部建筑与地下室是否同步施工,分成以下几类:

(1)全逆作法

按照地下结构从上至下的工序先浇筑楼板,再开挖该层楼板下的土体,然后浇筑下一层的楼板,开挖下一层楼板下的土体,这样一直施工至底板浇筑完成。在地下结构施工的同时进行上部结构施工,如图 1 所示。上部结构施工层数,则根据桩基的布置和承载力、地下结构状况、上部建筑荷载等确定。

(2)半逆作法

地下结构与全逆作法相同,按从上至下的工序逐层施工,待地下结构完成后再施工上部主体结构,如图 2 所示。在软土地区因桩的承载力较小,往往采用这种施工方法。

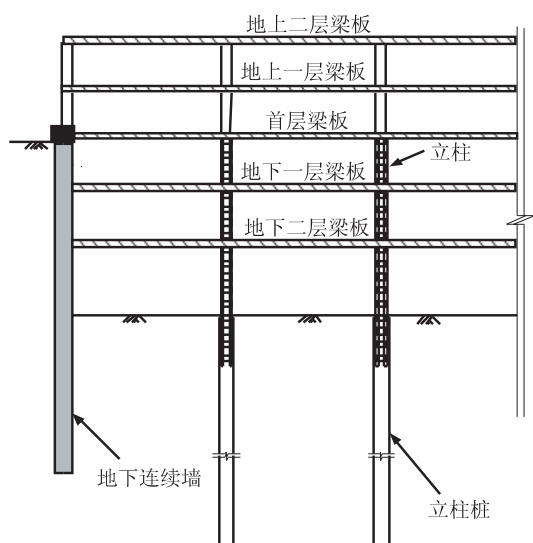


图 1 全逆作法示意图

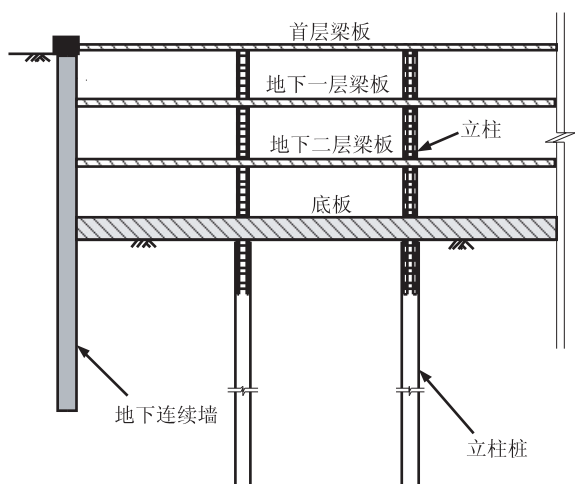


图 2 半逆作法示意图

对于逆作法的施工,整个施工过程中,各施工工况直接影响着工程结构的受力状态,例如,对于地下连续墙的受力、柱下桩的承载力的确定、结构节点构造的设置、在软土地质条件下上部结构的施工控制层数等的影响,工程结构设计应考虑施工的各种情况。所以,设计单位和施工单位应该密切配合。在工程开工前,施工单位有必要整合各个技术的相关信息并和设计单位进行洽商,以充分发挥逆作法的优点,规避逆作法的缺点。

逆作法的优势之一是可缩短整体工期,在地下结构施工的同时,施工上部结构。在施工方案确定前需要对结构设计、工程施工等各方面进行综合讨论,确保设计施工一体化,从而达到缩短工期、节约成本、确保安全和保护环境等目的。顺作与逆作对比如图 3~图 5 所示。

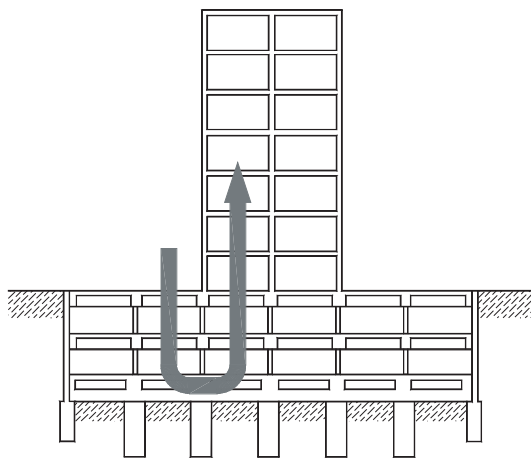


图 3 顺作法示意图

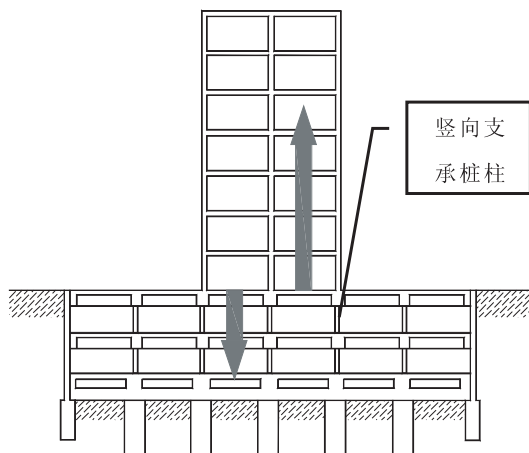


图 4 逆作法示意图

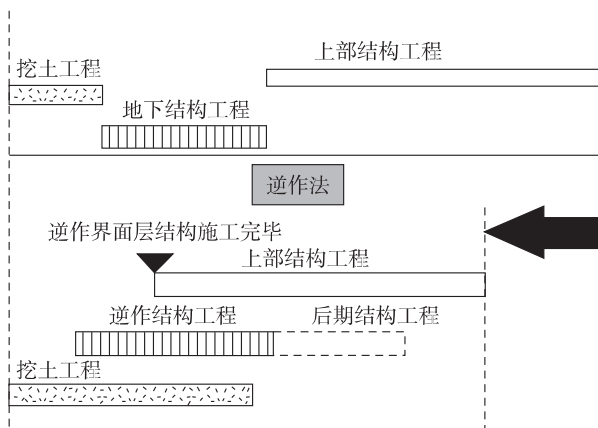


图 5 顺作、逆作施工工期对比图

3.0.7 相比普通的向下逆作施工工程,在上下同步施工的工程中,竖向支承桩柱的承载力和变形性能、界面层的刚度和嵌固条件以及界面层上下结构的可靠转换显得尤为重要,对于这些关键

结构及相关节点的设计、施工和监测方案的制定应通过多方紧密配合,反复协商才能确定。

3.0.9 基坑开挖过程中,对地下水位、抽(排)水量、降(排)水设备运行状态实行动态监测,其目的在于监控地下水控制效果、降(排)水运行是否正常等。对于涉及承压水降水的逆作法工程,宜对基坑内外的地下水进行水位自动监测和计算机全程监控,确保有效控制承压水位,保证基坑工程施工安全。

3.0.10 逆作法施工主要是通过及时形成地下结构楼板作为基坑的支撑体系,在结构楼板形成过程中,要做到平衡对称,使基坑及时形成有效支撑。逆作基坑一般面积均较大,结构完成需要一定的时间,结构流水施工分块的大小将直接决定整体逆作结构的形成时间,分块大小要综合考虑结构流水及挖土的时间要求。

3.0.11 逆作法工程的基坑设计计算理论处于半经验半理论的状态,另外岩土性质的多样性和不确定性、城市环境条件的复杂性,决定了施工过程中监测的必要性。利用监测信息可及时掌握基坑支护结构、周边环境变化程度和发展趋势,做到信息化施工,指导后续的设计和施工,及时应对异常情况并采取措施防止事故的发生;同时积累监测资料,验证设计参数,完善设计理论,提高设计水平。

3.0.12 地下工程逆作法施工多为在相对封闭的空间内作业,特别是在大量机械进行土方开挖施工情况下,地下空气污染相对严重,在自然通风难以满足要求的情况下,需要通过人工通风排气来保证作业环境满足施工要求。

逆作法工程废气的来源有施工机械排出的废气、施工人员的呼吸换气、有机土壤与淤泥质土壤释出沼气、焊接或热切割作业产生不利人体健康的烟气,以及其他施工作业产生的粉尘、煤烟

和废气等。

逆作法工程通风排气设计流程:计算地下室容积→确定换气量→合并通风排气→选择通风设备,确定数量并合理配置。

4 围护结构(墙)施工

4.1 一般规定

4.1.2 施工现场的地形、地质和水文条件等因素是决定围护施工方法、效率、设备及工艺选择的重要依据。

围护结构施工引起的沉降和水平位移会影响邻近建筑物、道路、管线及其它地下设施,因此掌握邻近建筑物的高度和结构形式、基础类型和刚度、基础下的土质及其现状等,对制定相应的施工措施和控制标准具有重要意义。掌握地下管线相对位置、埋深、管径、使用年限和功能等,并对其承受变形的能力进行分析,以便在施工中采取相应措施。

掌握当地防洪、防汛和防台风的有关资料,并采取相应的防范措施,可以确保正在施工中的围护结构和施工现场人、机安全及合理安排施工计划。了解当地的环保要求,可以合理安排泥浆排放和渣土弃运等,防止环境污染。

围护结构采用“两墙合一”地下连续墙时,其防水、排水应同时满足主体地下结构防水、排水要求。

4.1.3 施工过程中会产生土体位移、沉降,按规定复测和保护很重要。

测量基线与水准点是工程施工定位的依据,因此要按交接手续进行交接,并进行现场复核。资料交接不清或不全往往是导致工程事故的原因之一,在以往工程施工中有过类似事故。

4.1.4 不良土质包括暗浜、扰动土、厚度较大的填土层及浅部粉土、砂土等。

4.2 地下连续墙

4.2.1 根据工程情况,对于环境保护要求较高的工程或地质条件较复杂的情况下不应在原位进行试成槽;对于要求较低的工程可进行原位试成槽。通过试成槽选择适合场地土质条件、满足设计要求的机械设备、工艺参数等。试成槽过程中应定时检测护壁泥浆指标,记录成槽过程中的情况及成槽时间等;成槽至设计标高后应按设计要求的时间间隔进行槽壁垂直度、槽底沉渣厚度的检测。

非原位试成槽的槽段试成槽结束后应及时回填,位于基坑内的试验槽段在基坑开挖面以下应采用混凝土回填,基坑开挖面以上可采用土或中粗砂回填,必要时可采用注浆法对回填区域进行加固。当试验槽段位于基坑外时可采用土或中粗砂回填。

4.2.3 地下连续墙槽壁加固的深度不大于 10m 时可采用双轴水泥土搅拌桩,水泥一般采用 P. O. 42.5 级普通硅酸盐水泥,水泥掺入比不宜小于 14%;当需要加固的深度大于 10m 时可采用三轴水泥土搅拌桩,水泥一般采用 P. O. 42.5 级普通硅酸盐水泥,水泥掺入比不宜小于 20%,即每立方米搅拌土体中水泥掺入量不宜少于 360kg,桩体垂直度允许偏差不应超过 1/200。槽壁加固深度一般低于基坑开挖面以下 3m,桩体直径 650mm~850mm,加固区与围护体的间隙根据加固深度、设备工况及施工能力等综合确定,一般为 50mm~100mm。特殊情况下,如工作面狭小、限高等,无法满足搅拌桩设备施工需要,可考虑采用旋喷、摆喷等加固形式。

4.2.4 普通抓斗式成槽机其抓斗重量一般在 20t 以下,重型抓斗式成槽机其抓斗重量一般在 30t 以下,闭合力有限,对于标贯击数

N 大于 50 击的较坚硬土层,难于切入土中,效率较低,成槽时间长,对槽壁稳定不利,另外往往通过搅抓斗来硬啃土体,会影响垂直度。

铣槽机铣槽时,两个铣轮低速转动,方向相反,其铣齿将地层破碎,钻掘出的泥(岩)渣与泥浆一起被泥浆泵排到地面的泥浆站。根据地质情况不同,安装不同的铣齿;钻掘软岩和砂砾层或土层时,安装扁平的牙式铣齿;钻掘硬岩时,安装圆台形滚筒式磨轮,施工效率高,垂直度控制好。另外由于铣槽机成槽采用了泥浆反循环的原理,槽底沉渣能得到有效控制。

4.2.5 通过泥浆试配与现场检验确定是否修改泥浆的配比,检验内容主要包括稳定性、形成泥皮性能、泥浆流动特性及泥浆比重检验。遇有含盐或受化学污染的土层时,应配制专用泥浆,以免泥浆性能达不到规定要求,影响成槽质量。泥浆分离净化通常采用机械、重力沉降和化学处理的方法。除砂器选择应根据砂的颗粒大小及需处理的泥浆方量来确定。

4.2.6 地下连续墙间的连接接头应根据地下连续墙的使用要求选用,且应满足地下结构防渗要求,对于超深地下连续墙采用圆形锁口管作为接头时,接头设置 V 字形钢板可以便于锁口管的起拔。

套铣接头即利用铣槽机切削先行槽段混凝土而形成的地下连续墙接头。采用套铣接头工法的地下连续墙槽段可分一期槽段和二期槽段两种,先行施工一期槽段,然后在两个一期槽段中间插入二期槽段。一期槽段可采用抓斗式成槽机成槽,或采用抓斗式成槽机与铣槽机抓铣结合成槽,二期槽段采用铣槽机铣槽。

4.2.7 地下连续墙接头易渗水,逆作法施工时空间较密闭,排风、照明有限,接头处渗漏较难处理,当无槽壁加固时在坑外宜采

取高压旋喷桩加强止水。高压旋喷桩数量、直径、深度根据设计要求确定,一般采用 2 根~3 根直径 800mm~1000mm 且深度低于坑底 3m 以上的旋喷桩或摆喷桩;在特别重要地方,如临近已运营的地铁隧道等,可采用挤土效应小、对周围环境影响小的全方位高压喷射桩进行加强止水。

4.2.8 分节制作钢筋笼宜采用接驳器连接。预留的剪力槽、插筋、接驳器等预埋件标高、位置应复核,为确保基坑开挖时方便凿出,可设置夹板等保护层。

4.2.9 逆作法施工对预埋的插筋和接驳器标高要求高,成槽过程中由于槽壁坍塌等原因可能导致导墙沉降。为确保预埋插筋、接驳器标高的准确,钢筋笼吊放前需测量导墙标高并根据实测标高计算吊筋长度。

4.2.10 墙底注浆可加固墙底和墙侧的土体,有效减少地下连续墙的沉降,从而减少地下连续墙与主体结构的差异沉降。墙底注浆终止注浆条件可采用注浆压力和注浆量双控原则。

4.2.11 单元槽段幅宽宜为 3m~4m,成槽厚度应大于墙段厚度 20mm。预制墙段宜在工厂制作,有条件时也可在现场预制。预制墙段可叠层制作,叠层数不应大于三层。预制墙段应达到设计强度的 100%后方可运输及吊放。预制墙段安放闭合位置宜设在直线墙段上。起吊吊点应按设计要求或经计算确定。

4.3 灌注桩排桩

4.3.1 试成孔至设计标高并完成一清后,静置一段时间(一般根据成孔到成桩的施工时间来估算或根据设计要求),从开始测得初始值后,每 3h~4h 间隔测定一次孔径曲线(含孔深、桩身扩径缩径)、垂直度、沉渣厚度等,以核对地质资料、检验施工设备、施

工工艺及泥浆指标等是否符合工程要求,在正式施工前调整选择好施工参数。

根据工程情况,对于环境保护要求较高的工程或地质条件较复杂的情况下不应在原位进行试成孔;对于要求较低的工程可进行原位试成孔。非原位试成孔的孔位在试成孔结束后应采用素混凝土或其它材料密实封填。

4.3.2 作为逆作法的排桩围护结构,确保垂直度满足设计要求很重要,成孔机械一般选择钻架配重大、钻杆扭矩大的设备,如GPS-15型以上的设备。另外还需减少围护沉降,以减少与主体结构差异沉降,严格控制沉渣厚度,通过泥浆反循环的工艺可有效控制沉渣厚度。

4.3.4 灌注桩排桩成孔施工的质量保证措施一般有:(1)采用膨润土泥浆护壁,提高泥浆黏度,可有效防止孔壁坍方、缩径;(2)先施工隔水帷幕,再施工灌注桩排桩,有利于保证隔水帷幕和灌注桩的施工质量,也可避免先施工的灌注桩由于塌孔扩径导致外侧止水帷幕施工困难的不利情况;(3)围护结构位置采用水泥搅拌桩预加固主要是控制灌注桩成孔过程中孔壁的稳定不塌孔,预加固的水泥搅拌桩水泥掺量一般为7%~8%。

4.3.5 逆作法先施工顶板,对灌注排桩的顶标高控制要求较高,另外灌注排桩作为主体结构时需要预埋插筋或接驳器等,为确保预埋插筋、接驳器标高的准确,需精确计算吊筋长度,并采取可靠措施固定。

4.3.6 隔水帷幕一般有双轴水泥土搅拌桩、三轴水泥土搅拌桩、等厚度水泥土搅拌墙及全方位高压喷射桩等型式。

采用水泥土搅拌桩时,一般根据工程需要的隔水深度、周边环境等保护等情况可选用双轴或三轴水泥土搅拌桩,当深度小于

18m,环境保护要求不高时可选用双轴水泥土搅拌桩,否则选用三轴水泥土搅拌桩。当施工需要的空间、距离不够或工程需要等特殊情况可采用高压喷射注浆作为隔水帷幕。高压喷射注浆又可分普通高压旋喷桩(包括单重管、两重管、三重管)、摆喷桩、双高压旋喷桩(即 RJP 工法)、全方位高压喷射桩(即 MJS 工法),应根据地质资料、周边环境保护要求等选择。

等厚度水泥土搅拌墙见本章下一节。

全方位高压喷射工法,即 MJS 工法,采用不同于其它旋喷工艺的钻管及钻头,在高压喷嘴端头设置了排泥吸口,且配有调控和量测地基内压力的自动装置,避免了在施工中出现地表变形,可以运用于水平、倾斜或垂直多方位的旋喷加固施工。

MJS 工法采用的钻管为 15 孔管(1 个高压浆孔、4 个螺丝孔、1 个信号线孔、3 个空气孔、2 个排泥阀门油路孔、1 个排泥孔、1 个高压水孔、1 个切削水孔、1 个备用孔)。除了水、空气、水泥浆、电缆管、传感器等的通道外,还有 2 个孔为专门用于吸泥的通道(减小地压的负压水力通道及废泥吸泥通道),且在喷头上部设压力传感器,用以调整排泥量,以控制地基内部的压力。MJS 工法特点为:(1)可进行水平、倾斜、垂直施工;(2)不会对周围地基构造产生影响;(3)可以对传统工法不能实现的超深度(40m 以上)进行地基改良;(4)可以进行集中排泥处理,通过专用管路,可以直接运输泥液,保持现场环境干净;(5)防止改良过程带来的二次污染,通过集中排泥,可在目标范围内构筑改良体,防止对土壤、地下水的污染;(6)对于改良体截面,可以随意选择从圆形到扇形的任意截面。

水泥搅拌桩隔水帷幕施工应符合下列要求:

(1)双轴水泥土搅拌桩隔水帷幕及三轴水泥土搅拌桩隔水帷

幕的施工应符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202)的相关要求;

(2)双轴水泥土搅拌桩垂直度偏差不应大于 $1/150$;三轴水泥土搅拌桩垂直度偏差不应大于 $1/200$;

(3)相邻桩的搭接时间间隔不宜大于 24h;

(4)双轴水泥土搅拌桩搭接厚度不得小于 200mm,三轴水泥土搅拌桩采取套钻方式。

高压旋喷桩隔水帷幕施工时应符合下列要求:

(1)高压喷射注浆法施工应符合上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》(DG/TJ08—61)的相关要求;

(2)遇砂土或流塑土时应采用复喷工艺,喷浆下沉或提升速度不应大于 100mm/min;

(3)垂直度偏差不应大于 $1/150$;

(4)桩与桩之间的搭接厚度不小于 200mm。

当需要大直径大深度的旋喷桩止水时可采用双高压旋喷桩,即 RJP 工法(RODIN JET PILE)。该工法利用超高压水射流和水泥浆射流运动的能量,将地基土破坏,并借助于被扰动的土颗粒与硬化材料混合搅拌,形成大直径的加固体。其特点在于:用上段的超高压水和空气喷射流先行切割,形成一定的空间,再由下段超高压硬化材料与空气喷射流扩大切割,而且这种切割比在封闭的空间更有效力。RJP 工法标准方式是圆柱形,但也可以形成扇形。RJP 工法加固的直径比较均匀,其强度也有较好的均匀性。加固深度可达 50m,直径能达到 2m 以上。

根据施工经验,常规双高压旋喷桩施工参数如表 1 所示,具体参数应根据场地内地质情况加以选择。

表 1 双高压工法施工技术参数

名 称	项 目	参 数 值
高压水	压力(MPa) 流量(l/min)	≥ 35 60~90
压缩空气	压力(MPa) 流量(m ³ /min)	≥ 0.8 1.0~3.0
浆 液	压力(MPa) 流量(l/min) 水灰比(强加固区)	≥ 20 70~90 1:1
注浆管提升	提升速度(cm/min) 旋转速度(r/min)	4~8 4~8

4.3.7 钻孔取芯方法应按照上海市工程建设规范《结构混凝土抗压强度检测技术规程》(DG/TJ08—2020)的规定进行取芯。

4.4 型钢水泥土搅拌墙

4.4.1 等厚度水泥土搅拌墙施工工艺(TRD 工法)是将传统的垂直轴螺旋钻杆水平分层搅拌方式变革为水平轴锯链式切割箱沿墙体深度垂直整体搅拌方式。液压动力系统驱动锯链式切割箱,分段接长切割箱,挖掘至设计墙底标高后,再横向推进,同时在切割箱底部注入挖掘液(以膨润土为主的浆液)或固化液(以水泥为主的浆液),使其与原位土体强制混合搅拌成墙。2009 年以来,通过在天津中钢响锣湾等厚度水泥土搅拌连续墙复合围护结构(墙厚 700mm、墙深 45m,钻孔灌注桩挡土,四道钢砼支撑,基坑开挖深度 20.6m~24.1m)和南昌绿地中央广场复杂地层、嵌岩、型钢等厚度水泥土搅拌墙复合围护结构(墙厚 850mm,墙深 22.3m~23.3m,密插 H700×300×13×24@600 型钢,两道钢砼支撑,基坑开挖深度 15.45m~17.15m)的施工实践,充分验证了该工法所

具有的技术优点,实现了挖掘、搅拌成墙施工水泥土质量的全过程实时监控。试成墙和工程墙体浆液取样及钻孔取芯检测表明:试块、芯样 28d 强度相对稳定,搅拌均匀,不同地层墙体强度离散性小,完全满足设计要求。地下室施工期间,坑壁水泥土墙体平直无渗漏,基坑及周围环境变形量在允许范围以内。施工的主机机型除引进的 TRD-Ⅲ型机外,还开发了采用电力驱动、步履式移位的 TRD-E 型机和改进型的 TRD-CMD 型机,目前均已投入等厚度水泥土搅拌连续墙复合围护结构的施工。等厚度水泥土搅拌墙施工技术在天津、南昌、上海、杭州、广州等地不同地质条件下的工程项目的开发和推广应用,为满足复杂地层地下空间开发提供了一种可供选择的施工新技术。

4.4.2 水泥土搅拌墙施工应选择恰当的搅拌桩(墙)机,配置电子称重自动拌浆系统以及泵压、流量表具,等厚度水泥土搅拌墙施工还应配置有电磁调速电机的无级变速变量泵。通过试成桩(墙)确定不同地质条件下的成桩(墙)施工工艺、水泥(膨润土)浆液水灰比、注浆泵工作流量、三轴搅拌机头下沉或提升速度、等厚度水泥土搅拌墙切割箱的油缸压力、切割扭矩、横向推进速度等各项施工技术参数以及搅拌桩 28d 龄期无侧限抗压强度。三轴水泥土搅拌墙试成桩不宜少于 2 根,等厚度水泥土搅拌墙试成墙不宜少于 4m。

4.4.3 水泥土搅拌桩搅拌机自重一般在 1300kN~1500kN,等厚度水泥土搅拌墙搅拌机平均接地压力达 166kN/m^2 ,施工中前侧履带部的最大接地压力可达 426kN/m^2 ,因此在水泥土搅拌墙施工范围内,探摸清障后,应回填压实,铺设钢板,必要时还需对地基进行加固。

4.4.4 三轴水泥土搅拌桩的垂直度与搅拌桩机导向架的垂直

度,搅拌钻杆的平直度,桩深度及地层有关。三轴水泥土搅拌桩机移位后,必须检查搅拌桩机导向架垂直度允许偏差不应大于 $1/250$ 。等厚度水泥土搅拌墙链锯式切削箱横断面规格: $1700\text{mm} \times (550\text{mm} \sim 850\text{mm})$,通过安装在切割箱内部的多段式测斜仪,实施随钻监测调控,垂直度允许偏差不应大于 $1/250$,施工墙体轴线由激光经纬仪监控,允许偏差在 25mm 以内。

4.4.5 对于中密—密实砂质地层,下沉搅拌速度缓慢,宜调低水灰比,掺入膨润土,并根据下沉速度调整浆泵流量。

4.4.6 三轴水泥土搅拌桩施工,一般情况下均采用跳打双孔套接复搅连接成墙,在施工条件受限时(搅拌机无法来回移位或搅拌墙体转角处)可采用单侧挤压式一孔套接复搅连接成墙。超深三轴水泥土搅拌桩可采用加接钻杆的方式或采用先行钻孔,再加接钻杆的工艺。当桩架高度 $18\text{m} \sim 30\text{m}$ 时,通过加接3次 ~ 5 次钻杆,施工深度可达 50m 。超深三轴水泥土搅拌桩在密实砂质地层先行钻孔时,应注入膨润土浆液,搅拌成桩时水泥浆液中也应掺入膨润土。超深三轴水泥土搅拌桩加接钻杆搅拌成墙时,还需计算加接、拆卸钻杆的水泥浆液损耗率,每连接一次钻杆水泥浆液损耗递增 5% 。

4.4.7 等厚度水泥土搅拌墙施工工艺特点包括:最大作业深度可达 60m ;可以适用于 N 值在 100 击以内的地层,还可以在粒径小于 100mm 的卵砾石层和极软基岩中施工;成墙品质好,水泥土搅拌均匀,强度提高,离散性小;主机重心低,TRD-Ⅲ型机机高仅 10.0m ;精度高,实现了对水泥土墙体施工全过程监控,参数仪提供包括实时测斜,瞬时浆液流量、泵压,切割箱推进速度,切割箱主动轮转速和扭矩,水平推进和垂直升降油缸压力等一系列技术参数;墙体等厚,连续造壁,无缝连接,可以任意设定型钢间距,墙

厚从 550mm~850mm。等厚度水泥土搅拌墙的施工工艺包括：切割箱自行打入挖掘工序、水泥土搅拌墙建造工序和切割箱拔除分解工序。

4.4.8 等厚度水泥土搅拌墙浆液流动度的监控和调整，对于确保墙体质量、生产效率、防止事故举足轻重。挖掘液混合泥浆流动度在粘性土中施工应适当偏大，在砂性土中施工应适当调低，具体数值由现场试成墙后决定。在粘性土中施工，过低的挖掘液混合泥浆流动度，会使搅拌土过于粘稠，造成锯链式切割箱刀具包泥，影响挖掘效率和作业安全。在砂性土中要调低挖掘液混合泥浆流动度，必要时还需在挖掘液中添加颗粒度调整材料（如高岭土类干燥粘土）和增粘剂，达到提高黏度、减少失水、降低固液分离、保持良好流动性的目的。当处于 N 值较高的硬质砂层挖掘、搅拌时，若大量固液分离会造成砂粒重新堆积，砂粒堆积层体积膨胀，在周边强约束力下形成拱形，对在砂层中移动的切割箱及刀头产生很大的阻力。

挖掘液混合泥浆：被挖掘土和挖掘液的混合物。固化液混合泥浆：由挖掘液混合泥浆和固化液混合而成。挖掘液的水灰比应控制在 $W/C=5\sim20$ ，固化液水灰比应控制在 $W/C=1.0\sim2.0$ 。混合泥浆流动度由专门的流动度测试仪测定（如图 6 所示）。



图 6 混合泥浆流动度测试

4.4.9 等厚度水泥土搅拌墙施工,基坑转角处或结束施工拔出切割箱时,应及时补充回灌固化液。在条件许可的情况下,宜在墙体外拔出切割箱(如图7所示),形成“十”字形接头。

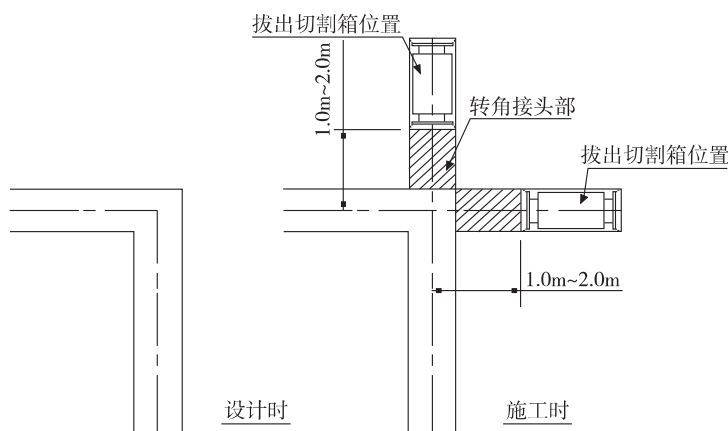


图7 外拔切割箱图示

4.5 咬合桩

4.5.1 硬法咬合桩成孔设备可采用全套管全回旋钻机,软法咬合桩成孔设备可采用全套管钻机或旋挖钻机。

全套管全回转钻机有如下机构组成:(1)强大马力和紧急脱离机构;(2)为牢靠地将强大马力传递给套管而设置的性能良好的楔型夹紧机构;(3)为有效利用强大马力而设计的钻头负荷自动控制等机构;(4)为保证垂直精度所不可或缺的自动水平调整机构;(5)为去除钢筋混凝土基础、钢管等地下障碍物而设计的套管内部挖掘装置、多头钻机等。

4.5.2 每组试成孔中应包括2根Ⅰ序桩和1根Ⅱ序桩。

4.5.3 导墙上设置定位孔,其直径宜比桩径大20mm~40mm。

导墙厚度不宜小于 200mm,导墙孔口稍高于地面 20cm,以防止地表水进入桩孔内,导墙内配 $\Phi 12 \sim \Phi 16$ 双向钢筋,间距 200mm \sim 250mm。导墙的混凝土等级宜为 C20 以上,导墙示意图如图 8 所示。

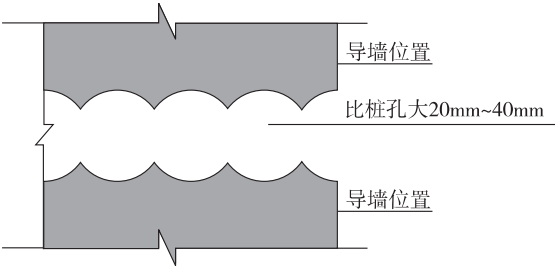


图 8 导墙示意图图

4.5.5 采用软法咬合的咬合桩施工顺序应按图 9 进行。钻机定位应准确、水平、稳固,回转盘中心与设计桩位中心偏差不应大于 10mm,并校正钻机垂直度。钻进过程中可在地面用经纬仪监测套管的垂直度或孔内用吊锤检测垂直度,如垂直度不满足要求,可利用钻机油缸进行纠偏。

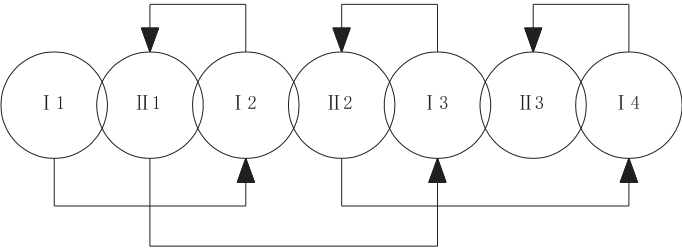


图 9 咬合桩施工顺序图

4.5.6 首先检查和校正单节套管的顺直度,然后检查按桩长配置的全长套管的顺直度,并对各节套管编号,做好标记,按序拼

装。可采用固定锤球复测或经纬仪双向复测垂直度。

4.5.7 套管内留土可防止管涌现象发生。如遇地下障碍物套管底无法超前时或桩底土层存在微承压水时,可向套管内注入一定量的水,通过水压力来平衡 I 序桩混凝土的压力,阻止“管涌”的发生。水下冲抓应注意在挖至设计桩底标高后需对孔底进行清孔处理,利用抓斗将孔底沉渣抓出孔内,保证孔底沉渣厚度在设计要求范围之内。

4.5.8 逆作法对桩体垂直度要求高,钢筋笼焊接时垂直度易出现偏差,咬合切割时易碰到 I 序桩钢筋笼,故要求采用机械连接。机械连接一般可采用接驳器或冷挤压接头。

配矩形钢筋笼的 I 序桩下放时可采用在钢筋笼两侧绑扎强度较低易切割的材料(如 PVC 管),确保精确就位,以防止安装偏差造成后续切割咬合损伤钢筋。

I 序桩有不配筋的混凝土桩、配置矩形钢筋笼或异形钢筋笼的钢筋混凝土桩、内插型钢的混凝土桩等四种,也可称 A 桩。II 序桩一般配置圆形钢筋笼桩,也可称 B 桩。

4.5.9 钢筋笼除了平面要限位,还要防止上浮或下沉,浇筑混凝土时应采取措施固定钢筋笼,如采用钢丝绳悬挂在吊车吊钩上,当需要拆套管或导管时应采用槽钢将钢筋笼重新悬挑在下节套管顶部,如此反复直至砼浇筑至标高拔出所有套管,过程中应当注意在每节套管起拔时,吊车始终要将钢筋笼吊紧,并保持同一标高不变,以免钢筋笼上下起伏后无法重新回到原来标高。另外钢筋笼底部可加设@80cm 钢筋网片。在钢筋笼底部焊上垂直定位钢筋四根,定位钢筋的长度应根据实际成孔深度而定,即在测好孔深后再进行四根定位钢筋的断料及焊接工作。

4.5.10 边灌注混凝土边拔套管有利于套管的顺利起拔,套管底

低于混凝土面 2.5m 可有效防止塌孔,避免影响混凝土质量。套管内有水时,应采取水下混凝土浇筑工艺,并配备抽水泵,在砼浇筑过程中将孔内水抽排出,且砼应浇筑至导墙顶部,保证有一定的泛浆高度,以保证桩顶质量。

5 竖向支承桩柱施工

5.1 一般规定

5.1.2 单桩施工作业范围一般为 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 。施工硬地坪有如下几个目的:(1)确保机械设备作业的稳定性;(2)提高垂直度调垂架的设置精度;(3)确保为垂直度调垂架提供足够的地基承载力;(4)确保支承柱及支承桩定位精度。

5.1.5 旋挖施工是在回转施工等工艺基础上而发展起来的一种桩基础施工方法。与正、反循环钻机相比,具有大扭矩($150\text{kN}\cdot\text{m}\sim 280\text{kN}\cdot\text{m}$)、地层适应性较强(主要适用于黏性土层、砂层、卵砾石层和部分强风化的岩层)、自动化程度高、工人劳动强度低、设备适用范围广、施工质量容易控制、施工效率高、设备多用途、环保等优点,具体见表 2。

表 2 支承桩施工机械对比

对比项目	旋 挖 钻 机	正、反循环回转钻机
施工	钻进时直接用钻头将土取出,泥浆只是护壁而用,现场设一个集中储浆池即可,泥浆可重复多次利用,施工现场无需大量泥浆材料,大大减少了泥浆污染。	钻进时采用钻头切削地层,用泥浆循环将土返回地面,需设多个泥浆池,排放泥浆对施工现场污染较大,需经常处理废弃泥浆。
环保	渣土集中堆放,定时清理,对施工现场文明施工非常有利;低噪音,使扰民的概率大大降低。	正循环时清渣较困难,不利于文明施工;噪音相对较高,易造成扰民;对环境污染较大。

续表 2

对比项目	旋 挖 钻 机	正、反循环回转钻机
工程质量	自带现代化的电子仪表测量装置,精确度较高,可有效保证施工精度。抓斗上下频繁,对孔壁稳定不利,另外有桩塞效应。	精确度不高,为确保垂直度偏差小,需采取一定的措施。孔壁稳定较好。
施工效率	施工效率较高,桩长 35m 左右,一天(24h)可施工 4 根~6 根,灵活机动性高,移机、对位速度很快。	施工效率较低,桩长 35m 左右,一天(24h)只能施工 1 根~2 根,机动性差,移机、对位速度较慢。
节能	使用内燃动力行车、钻孔,使用燃油动力,高效节能,能源供应方便,但油价高,导致单价较高。	一般使用电力,对施工现场电力布设要求较高,但电价低,相对经济。
适用性	可施工 0.6m~2.5m 口径、深度 $\leq 100\text{m}$ 、除坚硬岩层以外地层的各种桩基类型(卵砾石层、强风化岩层均可施工)。	适用范围较广,可施工各种桩径、桩深的桩。

5.2 竖向支承桩施工

5.2.1 逆作法施工对桩体垂直度要求高,为减少桩的沉降,需要严格控制桩底沉渣厚度,反循环成孔、清孔可有效控制沉渣厚度。如 GPS-15 型、GPS-20 型等均可反循环,可跟据地质资料、桩的深度、直径及设计要求来选择。

5.2.2 为满足成孔要求,护壁泥浆可选用优质钠基膨润土人工造浆,新造泥浆需静置膨胀 24h 以上方可使用。施工过程中需根据实测泥浆指标及时抽除废浆,补充新浆。一般可参考如下技术指标:

- (1)新浆配置指标:
水:1000kg
膨润土:80kg~100kg

絮凝剂 CMC(添加在膨润土中):3kg

(2)循环泥浆技术指标:

比 重:(1.2~1.3)g/cm³

粘 度:(16~25)秒

含砂率:≤4%

pH 值:8~10

(3)清孔后泥浆指标:

比 重:≤1.20g/cm³

粘 度:(16~25)秒

含砂率:≤4%

pH 值:8~10

除砂器应根据砂的颗粒大小及需处理的泥浆方量来选择。在砂性土中,泥浆中含砂率相对较高,导致泥浆比重偏高,如为达到泥浆比重不大于 1.15 而延长二清时间,会带来塌孔的风险,因此对泥浆比重宜适当放宽。

5.2.3 竖向支承桩成孔垂直度应采取措施加以控制,以满足支承柱垂直度调控所需要的空间,但由于机械、施工工艺等因素导致超长的竖向支承桩成孔垂直度在 1/150 的基础上再提高较困难,故规定在较浅的支承柱范围内成孔垂直度不应大于 1/200。竖向支承桩是永久结构,竖向承载力大,故沉渣厚度要严格控制。

5.2.4 支承柱插入支承桩部分一般有抗剪栓钉,支承柱调垂需要一定的空间。当竖向支承柱与支承桩钢筋笼主筋间净间距不满足 150mm 时可采取桩顶部变截面的措施,扩孔深度应大于支承柱插入深度 1m 以上。

5.2.5 桩底注浆可加固桩底和桩侧的土体,有效减少支承桩的沉降,提高桩的承载力。注浆管应采用钢管,壁厚不小于 3mm,接

头处采用丝扣套筒连接,注浆器应采用单向阀,以防止泥浆及混凝土浆液的涌入,应能承受大于 1MPa 的静水压力。单根桩注浆管数量不应少于 2 根,注浆管下端应伸至桩底以下 200mm~500mm;在混凝土初凝后终凝前应用高压水劈通压浆管路,注浆宜在桩体混凝土达到设计强度后方可进行,注浆压力宜控制在 2MPa~3MPa,压浆可分次进行,采用注浆压力和注浆量双控原则,即注浆量不低于设计要求的 80%且注浆压力不小于 2MPa 时可终止注浆。

5.3 竖向支承柱施工

5.3.1 竖向支承柱加工和拼装应按《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205)有关规定进行质量验收。由于运输条件的制约,一般支承柱长度超过 16m 时采取分节制作,运到施工现场组装,组装方法可采用地面水平拼接和孔口竖向拼接两种。水平拼接由于操作方便,相对竖向拼接质量更能保证,水平拼接需要足够的场地,且场地应平整,宜设置制作平台,在平台上设置固定用的夹具,每节至少配置两个固定点,确保拼接精度。

5.3.3 不同强度等级混凝土的施工交界面一般低于竖向支承柱底部 2m~3m。为确保竖向支承柱垂直度,要求较高时建议不要采取措施阻止竖向支承柱外部混凝土的上升高度,让混凝土自然泛浆。同时竖向支承柱外可以采取包裹土工布或塑料布等措施,减少凿除外包混凝土工作量。

5.3.4 后插法是近年来流行并开始广泛应用的一种逆作法竖向支承柱施工工法,相对于桩柱一体化施工的先插法,后插法中竖向支承柱是在竖向支承桩混凝土浇筑完毕及初凝之前采用专用设备进行插入,该施工方法具有施工精度更高、竖向支承柱内充

填混凝土质量更能保证等显著优势。

HDC 工法系高精度钢立柱安装工法简称,是竖向支承柱后插法中应用的较为成熟的一种。HDC 工法融合了国内、外同类施工方法的优点,克服了常规方法不能进行纠偏的不足,使钢立柱的安装垂直度精度能达到 $1/500$ 甚至更高,是目前最先进的插钢立柱的施工方法之一,具有广阔的使用价值和应用前景。HDC 工法施工流程为:通过地上 HDC 液压垂直插管机机身上的两个液压抱闸和一个竖向液压垂直插拔装置,及孔内的导向纠偏装置,将钢立柱垂直向下插到支承桩中,边插边利用安装在钢立柱上的测斜仪随时监测钢立柱的垂直度,全程实行动态监控适时调整,在支承桩混凝土初凝前将永久钢立柱垂直插入到设计标高。HDC 施工方法调垂原理为:根据两点一线原理,通过利用钻孔孔内空间,延长了两个垂直控制点之间的距离,使垂直度控制更便捷有效,同时降低了设备的地面高度,增加了系统的整体稳定性和可操控性,从而更有效的达到对钢立柱的导向、纠偏效果。

5.3.7 竖向支承桩垂直度及孔径在成孔后采用井径仪检测;竖向支承柱制作和拼接时可采用水平尺检测;竖向支承柱起吊下放时采用经纬仪测量 X\Y 方向的精度;调垂过程中可采用测斜管、摆锤、激光发射器和接收器、水管等检测方法。测斜管可采用钢管或 PVC 管,测斜管与竖向支承柱采用环箍固定。为确保测斜管测试垂直度能代表竖向支承柱安放垂直度,测斜管应与竖向支承柱完全平行。

5.3.8 影响竖向支承柱的安装精度有以下几点:

- (1) 竖向支承桩的垂直度和孔径偏差;
- (2) 分节制作时拼接的精度;
- (3) 竖向支承柱制作的精度;

- (4)竖向支承柱起吊时的变形、绕曲；
- (5)调垂架调垂时误差；
- (6)混凝土浇注及支承柱四周回填不均匀等因素。

因此应从上述各项影响因素采取质量保证措施,来确保支承柱安装精度。

5.3.9 可在硬地坪中预埋埋件,在桩孔孔口位置采用型钢临时固定支承柱。

6 地下水平结构施工

6.2 模板工程施工

6.2.2 吊模板逐次转用于下层,能够减少使用的临时材料和模板材料,大幅度减少搬入搬出工作,节约工期。

6.2.4 施工浇筑垫层目的是为确保模板及其支架的承载安全,同时有利于文明施工。对淤泥质土层应采取相应的加固措施避免水平结构施工时产生过大沉降,而造成结构变形。垫层强度过低可能导致垫层失效,过高造成拆除困难、浪费、不经济。

6.4 节点构造要求

6.4.1 逆作法施工涉及节点构造内容较多,主要包括围护墙与主体结构的连接节点、支承柱与水平结构的连接节点、后浇带部位的水平传力节点、结构高低跨部位的水平传力节点、剪力墙托换节点等,各种节点位置的施工均应符合设计、施工步骤和相关规范的要求。

6.4.2 由于“两墙合一”地下连续墙在正常使用阶段作为永久地下室外墙,这就涉及到地下连续墙与主体结构构件的连接、与主体结构的沉降协调、墙体在正常使用阶段的整体性能等一系列问题,因此需要采用一整套的构造措施(如图 10 所示),以满足正常使用阶段地下连续墙与主体结构连接节点的受力要求。

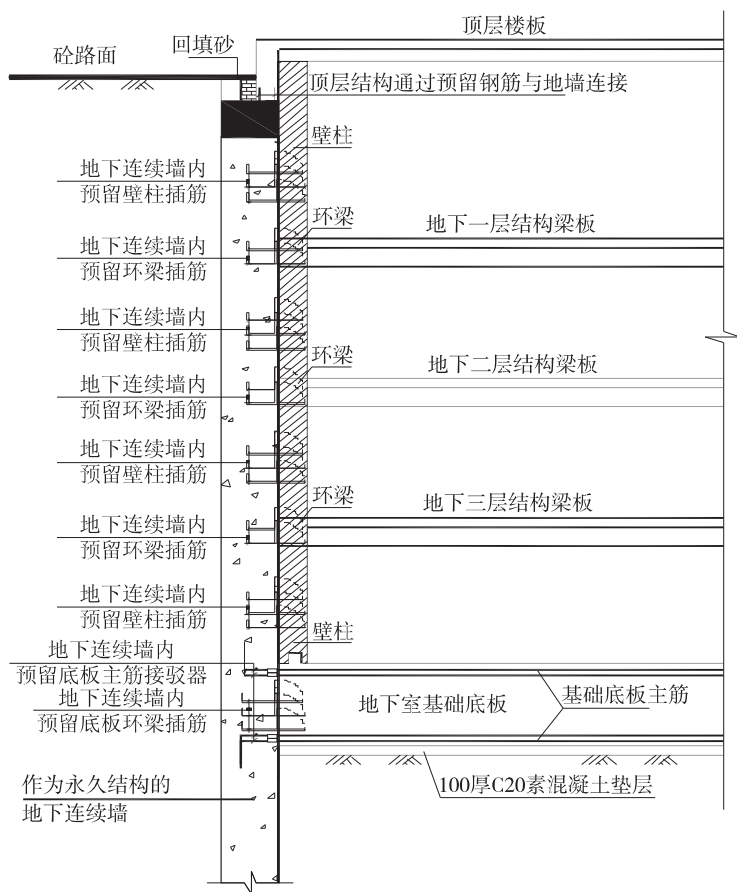


图 10 地下连续墙结构接头示意图

(1)地下连续墙与结构梁板的连接通常分为:钢筋接驳器连接,剪力槽预埋件焊接,预埋插筋连接,钻孔植筋连接等方法。墙梁节点施工时应根据设计要求和意图采取相应的连接方法。地下连续墙与地下结构梁板之间通常设置贯通的结构环梁,并通过

预埋钢筋、剪力槽等方式与结构环梁连接。地下连续墙与压顶圈梁连接节点构造如图 11 所示,地下连续墙与楼板环梁连接节点构造如图 12 所示。

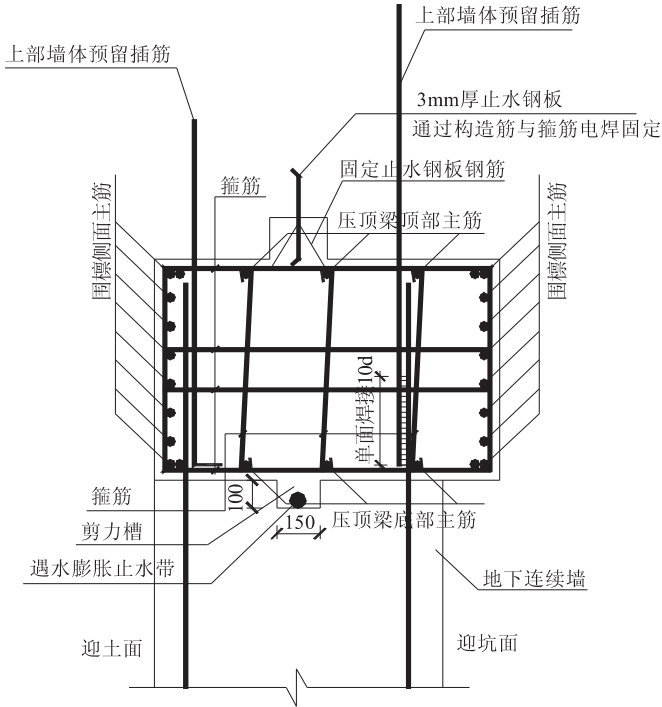


图 11 地下连续墙与压顶圈梁连接节点构造

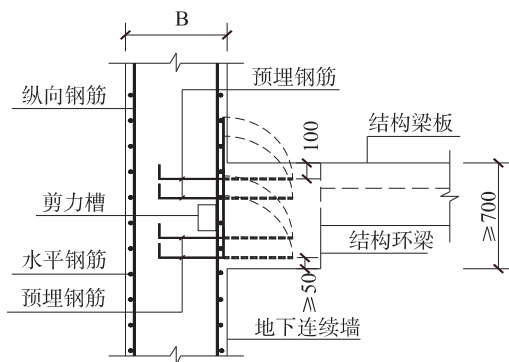


图 12 地下连续墙与楼板环梁连接节点构造

(2)地下连续墙内预埋钢筋接驳器及剪力槽与结构底板形成刚性连接(如图 13 所示),同时为解决后浇筑基础底板与地下连续墙之间的止水问题,在地下连续墙内还可预先留设通长布置遇水膨胀橡胶止水条的止水措施,而且可根据基坑的开挖深度以及基础底板所处的土层渗漏性情况,还可在基础底板与地下连续墙之间留设通长注浆管,对二者结合面进行止水补强处理。

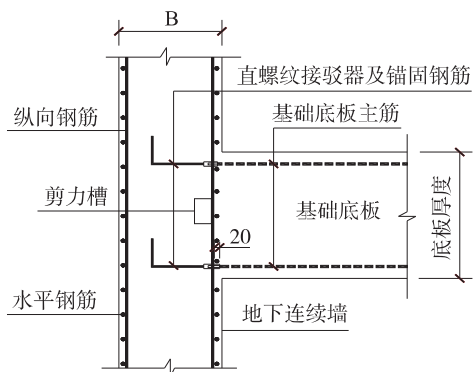


图 13 地下连续墙与基础底板连接节点构造

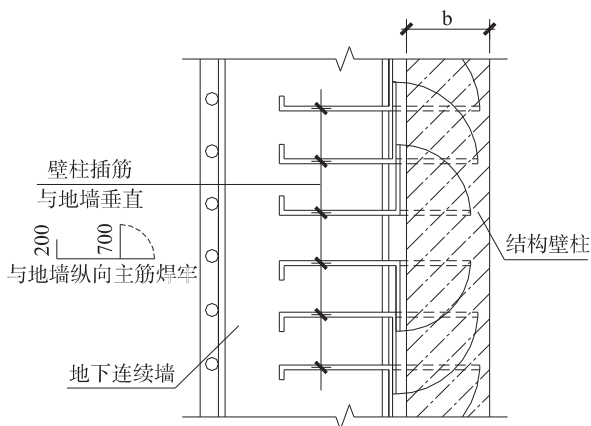


图 14 地下连续墙与结构壁柱关系图

(3)为了增强地下连续墙墙幅之间的连接整体性,减少墙段接缝位置渗漏的可能,宜在地下连续墙槽幅分缝位置的室内一侧设置结构扶壁柱(如图 14 所示)。墙段接缝位置的扶壁柱均通过预先在地下连续墙内留设的插筋与地下连续墙形成整体连接。

(4)地下连续墙在沉降后浇带位置通常的处理方法是将相邻的两幅地下连续墙槽段接头设置在沉降后浇带范围内,且槽段之间采用柔性连接接头(图 15),由于地下连续墙槽段与槽段之间为素混凝土接触面,属柔性连接,不会影响主裙楼底板在施工阶段的各自沉降。主裙楼沉降至稳定的过程中,后浇带位置相邻的两幅地下连续墙可能会发生错动,为确保地下连续墙分缝位置的止水可靠性以及与主体结构连接的整体性,施工分缝位置的旋喷桩及壁柱可在沉降后浇带浇捣完毕后再施工。

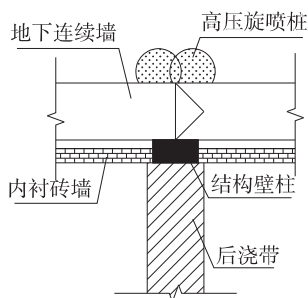


图 15 后浇带位置构造措施

6.4.3 逆作法中当围护墙采用临时围护结构时,围护墙与地下各层水平结构之间的连接应妥善处理两个方面的技术问题:(1)临时围护墙与内部结构之间的水平传力体系应如何设置;(2)边跨结构二次浇筑的接缝止水和支撑穿外墙处止水如何处理。

(1)临时围护墙与内部结构之间的水平传力体系

临时围护墙与内部结构之间必须设置可靠的水平传力支撑体系。传统逆作法中以结构楼板代支撑,水平梁板结构直接与地下连续墙连接,水平梁板支撑的刚度很大,因而可以较好地控制基坑的变形。而采用临时围护墙时,其与内部结构之间需另设置水平支撑以形成完整的水平传力体系,水平支撑一般采用钢支撑、混凝土支撑或型钢混凝土组合支撑等型式,如图 16~图 19 所示。

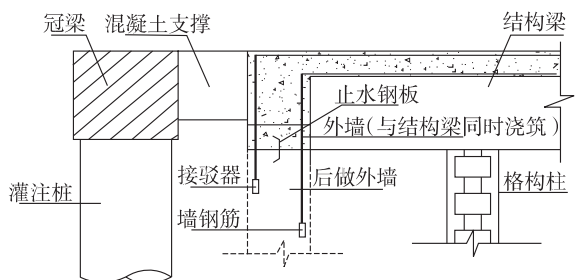


图 16 围护墙与顶板用混凝土支撑连接

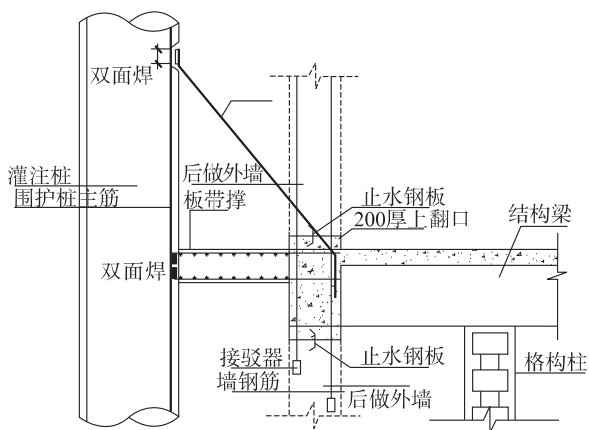


图 17 围护墙与地下结构用混凝土支撑连接

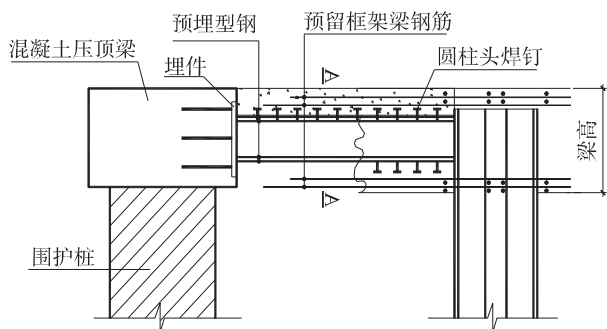


图 18 围护墙与顶板用型钢混凝土组合支撑连接

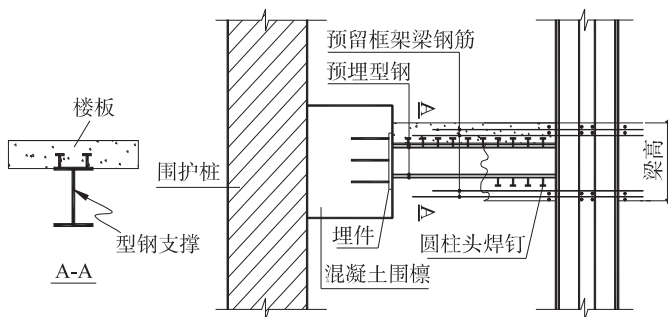


图 19 围护墙与地下结构用型钢混凝土组合支撑连接

(2) 边跨结构二次浇筑的接缝防水和支撑穿外墙板处止水

边跨结构存在二次浇筑的工序要求,二次浇筑随之带来接缝位置的止水问题,主要体现在逆作阶段先施工的边梁与后浇筑的边跨结构接缝处止水。接缝防水技术目前已经比较成熟,而且也在实际工程中也得到大量的应用。一般情况下,可先凿毛边梁与后浇筑顶板的接缝面,然后嵌固一条通长布置的遇水膨胀止水条。如结构防水要求较高时,还可在接缝位置增设注浆管,待结构达到强度后进行注浆充填接缝处的微小缝隙,可达到很好的防

水效果。

周边设置的支撑系统待临时围护墙与结构外墙之间密实回填后方可进行割除,由此将存在支撑穿结构外墙的止水问题。不同的支撑材料其穿结构外墙的止水处理方式也不尽相同,当支撑为 H 型钢支撑时,可在 H 型钢穿外墙板位置焊接一圈一定高度的止水钢板;当支撑为混凝土支撑时,可在混凝土支撑穿外墙板位置设置一圈遇水膨胀止水条,或可在结构外墙上留洞,洞口四周设置刚性止水片,待混凝土支撑凿除后再封闭该部分的结构外墙。

6.4.4 角钢格构柱一般由四根等边的角钢和缀板拼接而成,角钢的肢宽以及缀板会阻碍梁主筋的穿越,根据梁截面宽度、主筋直径以及数量等情况,梁柱连接节点一般有钻孔钢筋连接法、传力钢板法以及梁侧加腋法。

钻孔钢筋连接法是为便于框架梁主筋在梁柱阶段的穿越,在角钢格构柱的缀板或角钢上钻孔穿框架梁钢筋的方法。该方法在框架梁宽度小、主筋直径较小以及数量较少的情况下适用,但由于在角钢格构柱上钻孔对逆作阶段竖向支承钢支承柱有截面损伤的不利影响,因此该方法应通过严格计算,确保截面损失后的角钢格构柱截面承载力满足要求时方可使用。

传力钢板法是在格构柱上焊接连接钢板,将受角钢格构柱阻碍无法穿越的框架梁主筋与传力钢板焊接连接的方法。该方法的特点是无需在角钢格构柱上钻孔,可保证角钢格构柱截面的完整性,但在施工第二层及以下水平结构时,需要在已经处于受力状态的角钢上进行大量的焊接作业,因此施工时应应对高温下钢结构的承载力降低因素给予充分考虑,同时由于传力钢板的焊接,也增加了梁柱节点混凝土密实浇筑的难度。

梁侧加腋法是通过在梁侧面加腋的方式扩大梁柱节点位置梁的宽度,使得梁的主筋得以从角钢格构柱侧面绕行贯通的方法(图 20)。该方法回避了以上两种方法的不足之处,但由于需要在梁侧面加腋,梁柱节点位置大梁箍筋尺寸需根据加腋尺寸进行调整,且节点位置绕行的钢筋需根据实际情况进行定型加工,一定程度上增加了施工的难度。

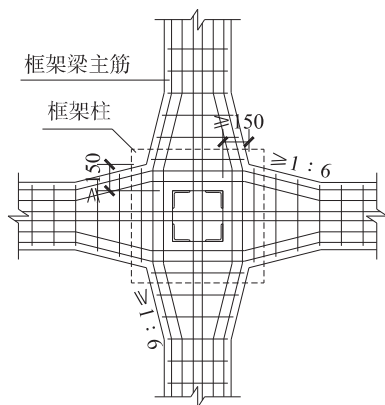


图 20 梁柱节点加腋示意图

钢管混凝土利用钢管和混凝土两种材料在受力过程中的相互作用,即钢管对其核心混凝土的约束作用,使混凝土处于复杂的应力状态之下,不但提高了混凝土的抗压强度,提高其竖向承载力,而且还使其塑性和韧性性能得到改善,增大其稳定性。因此钢管混凝土柱适用于对支承柱竖向承载力要求较高的逆作法工程。与角钢格构柱不同的是,钢管混凝土柱由于为实腹式的,其平面范围之内的梁主筋均无法穿越,其梁柱节点的处理难度更大。在工程中应用比较多的连接节点主要有环梁节点、传力钢板法以及双梁节点等。

环梁节点是在钢管柱的周边设置一圈刚度较大的钢筋混凝土

土环梁,形成一个刚性节点区(图 21),利用这个刚性区域的整体工作来承受和传递梁端的弯矩和剪力。环梁与钢管柱通过环筋、栓钉或钢牛腿等方式形成整体连接,其后框架梁主筋锚入环梁,而不必穿过钢管柱的连接方式。该节点可在钢管柱直径较大、框架梁宽度较小的条件下应用。

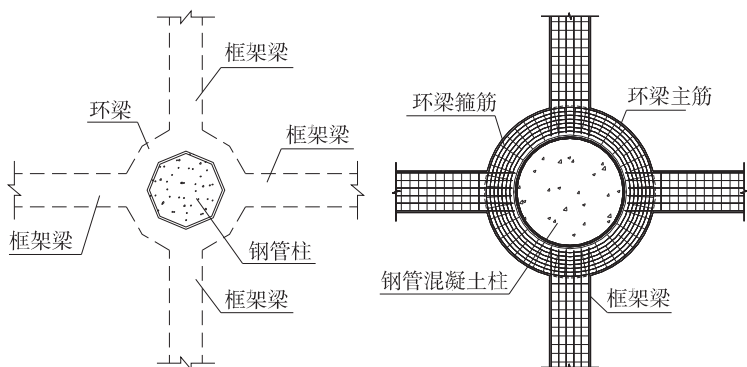


图 21 环梁节点示意图

传力钢板法是在钢管柱上焊接连接钢板,将受钢管阻碍无法穿越的框架梁主筋与传力钢板焊接连接的方法(图 22)。该方法的特点是无需在钢管上钻孔,可保证钢管柱截面的完整性,但在施工第二层及以下水平结构时,需要在已经处于受力状态的角钢上进行大量的焊接作业,因此施工时应考虑高温下钢结构的承载力降低因素给予充分考虑,同时由于传力钢板的焊接,也增加了梁柱节点混凝土密实浇筑的难度。

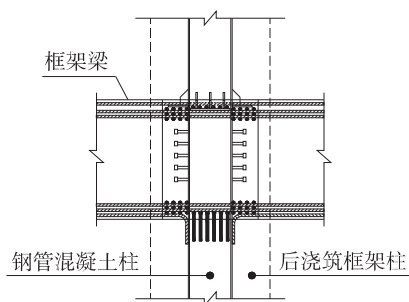


图 22 传力钢板法示意图

双梁节点即将原框架梁一分为二,分成两根梁从钢管柱的侧面穿过,从而避免了框架梁钢筋穿越钢管柱的矛盾(图 23)。该节点适用于框架梁宽度与钢管直径相比较小,梁钢筋不能从钢管穿越的情况。

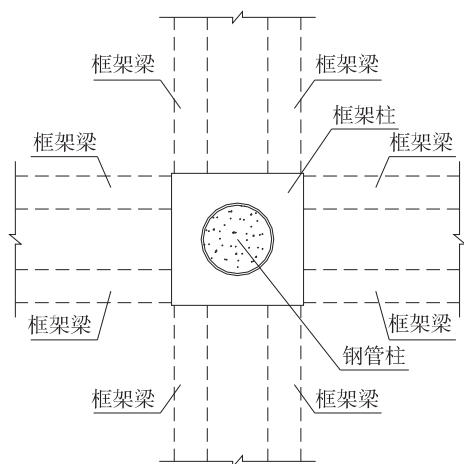


图 23 双梁节点示意图

6.4.5 逆作法施工中地下室各层结构作为基坑开挖阶段的水平支撑系统,结构后浇带位置将承受压力的水平结构从中一分为

二,使得水平力无法传递,因此,必须采取措施解决后浇带位置的
水平传力问题,可采取如下对策:

水平力传递问题可通过计算在框架梁或次梁内设置小截面的
型钢(图 24),后浇带内设置型钢可以传递水平力,但型钢的抗
弯刚度相对混凝土梁的抗弯刚度要小得多,因而不会约束后浇带
两侧单体的自由沉降。

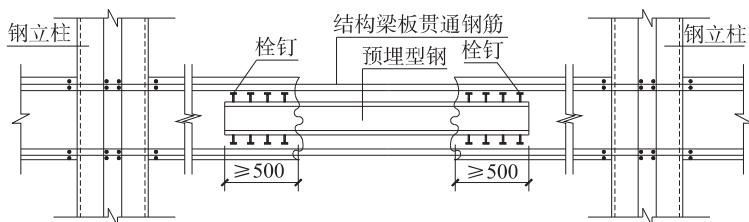


图 24 后浇带处处理措施示意图

实际工程中,地下室楼层结构的布置往往不是一个理想的完
整平面,常出现升降板或结构缺失的情况,为确保逆作期间水平
力的传递,需视具体情况给予相应的设计对策。

对于升降板区域,如高低跨过大影响水平力的传递时,可以
通过在高低跨位置进行竖向加腋处理;对于较大面积的结构缺失
情况,则可通过增设临时支撑的方式予以解决。

6.4.6 角钢格构柱与结构梁板的连接节点,在地下结构施工期
间主要承受荷载引起的剪力,设计时一般根据剪力的大小计算确
定后在节点位置钢支承柱上设置足够数量的抗剪钢筋或抗剪栓
钉(图 25)。逆作施工阶段在直接作用施工车辆等较大超载的首
层结构梁板层,可在梁下钢支承柱上设置钢牛腿等构件(图 26)。

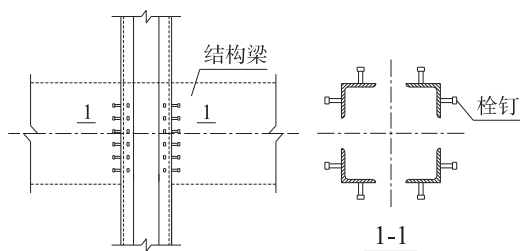


图 25 钢支承柱与中楼板结构连接示意图

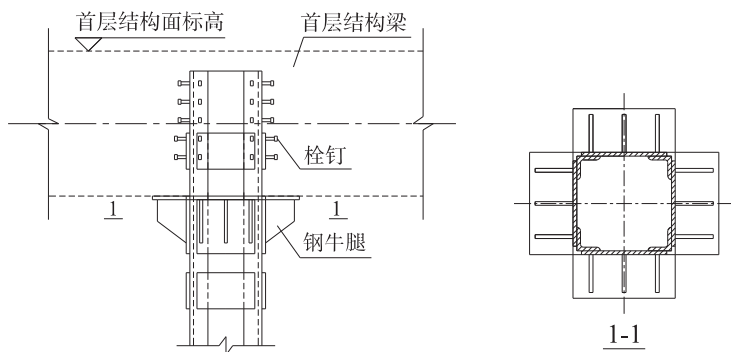


图 26 钢支承柱与顶层结构连接示意图

钢管混凝土柱与首层结构梁连接节点一般采取在钢管柱顶部设置钢牛腿(图 27),并在逆作阶段先行浇筑首层结构梁下部分框架柱。

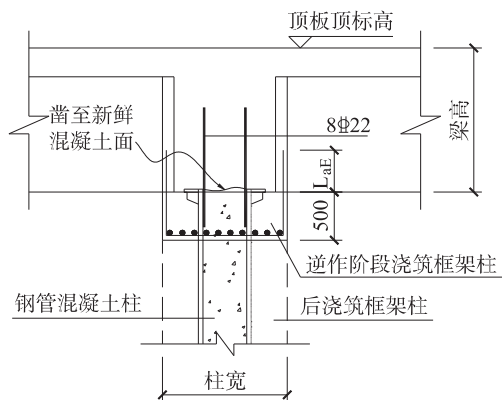


图 27 钢管混凝土支承柱与顶层结构连接示意图

钢管或钢管混凝土支承柱与地下各层梁受力钢筋的连接一般通过传力钢板法连接,具体作法是在钢管周边设置带加劲肋的环形钢板,梁板受力钢筋则焊在环形钢板上(图 28)。

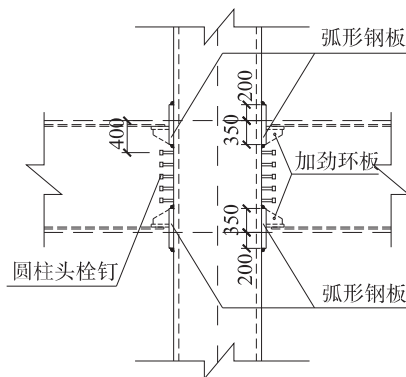


图 28 钢管混凝土支承柱的传力钢板连接构造示意图

6.4.7 当逆作阶段竖向支承柱竖向荷载较大,框架柱位置设置一根竖向支承桩不能满足竖向承载力要求时,可在框架柱位置设

置一柱多桩的型式。一柱多桩可采用一柱(结构柱)两桩、一柱三桩等型式(图 29),当采用一柱多桩型式时,可在地下室结构施工完成后,拆除临时支承柱,完成主体结构柱的托换。

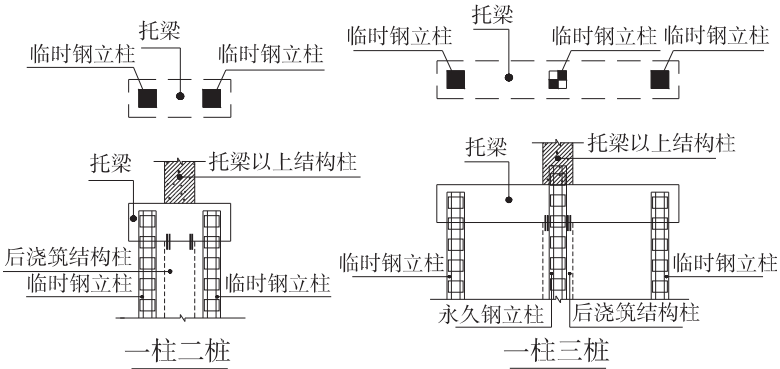


图 29 一柱多桩示意图

由于一柱多桩的型式会出现临时竖向支承柱设置在框架梁非支座位置,该位置根据逆作工况按照支座的受力状态进行钢筋加强。

7 竖向结构施工

7.1 一般规定

7.1.1 逆作法施工分为逆作开挖阶段及竖向结构回筑阶段。逆作开挖阶段地下水平结构先施工,其中包含了部分竖向结构,主要是柱梁与梁墙节点。剩余柱身及墙段应按本章规定进行钢筋、模板、混凝土浇筑与接缝处理。

7.1.2 逆作法竖向结构施工前,地下结构竖向荷载主要依靠支承桩柱承担;竖向结构完成后,建筑物结构受力体系逐步转入正常使用状态。

在水平楼板结构施工之前必须根据设计要求设置上下两个方向的竖向预留钢筋。向上预留钢筋作法与非逆作法工程相同,向下预留钢筋作法是逆作法工程特有作法。预留钢筋接头可采用机械连接或焊接,向下钢筋伸出板底的长度需要设计确定。由于向下预留钢筋必须伸出模板底部,为此,在楼板的模板施工时,必须留设相应的穿越钢筋的孔洞,且做好防漏浆措施。

逆作法竖向结构的混凝土浇筑时楼板混凝土已经形成,因此必须在水平楼板结构上设计合理的混凝土浇捣孔以确保墙柱混凝土的浇捣,剪力墙浇捣孔的间距宜控制在 1200mm~2000mm,柱的浇捣孔一般在柱四角楼板处设置,数量不应小于 2 个。

7.2 钢筋施工

7.2.1 在水平结构施工时,在柱或墙位置预留插筋供竖向结构回筑施工阶段钢筋的接驳使用。后续接驳的钢筋与原预留插筋

之间的接驳宜采用机械连接或采用机械连接与焊接相结合的形式。逆作过程中,还应注意预留插筋的保护和防锈工作,尤其是使用 HRB400 强度及以上钢筋,由于该钢筋的脆性较大,弯折后极易断裂,因此应避免对插筋的弯折。

7.2.2 逆作法竖向结构主筋如采用焊接连接,预留插筋长度不小于 500mm。由于该连接部位无法避开箍筋加密区,为保证结构水平受力和抗震要求,设计应在柱梁节点构造及配筋率方面作适当考虑。如采用合适尺寸的柱帽等构造措施加以解决。

7.2.3 在施工过程中对现场取样的钢筋连接接头,应在监理见证下现场取样,送测试单位进行复试。

7.3 模板工程施工

7.3.1 顶置浇捣口应满足如下要求:

(1)浇筑孔应设置在板上,避开柱与主梁。预留孔大小为 120mm~220mm。回筑混凝土浇注面应高于接缝至少 300mm。

(2)根据柱径与墙板厚度确定浇筑孔的数量,每柱宜设置 4 点,不应少于 2 点,设置喇叭口的方式浇捣。墙板浇筑孔留设间距宜在 1200mm~2000mm。

(3)首层结构楼板预留的浇捣孔有防水要求,宜采用螺纹管成孔;

(4)当支承柱采取 H 型钢时,在每个腹板分割的区域内,应有一个预留的混凝土浇筑孔。

除顶置浇捣口外,还有采用侧置浇筑孔方式。采用侧置浇筑孔一般设在浇捣面以下 500mm~1000mm 之间,利用泵送混凝土压力将混凝土压入模板内,其模板刚度及混凝土流动性能均应满足相应压力要求。

7.5 接缝处理

7.5.1 逆作法水平接缝应使垂直方向上应力有效、可靠传递,并保证水密性与气密性。由于以下原因,接缝部位容易产生如下质量问题:

(1)先浇筑混凝土的阻隔,容易产生气体不能排出;

(2)后浇混凝土收缩产生的缝隙,以及表面产生离析水和气泡;

(3)混凝土侧压力及浇捣速度过快造成模板变形而产生的混凝土面下沉。

7.5.2 逆作法常用接缝处理方式有超灌法与注浆法两种,宜结合工程情况选用合适的接缝处理方式。超灌法指浇筑时直接利用结构混凝土流动压力,直接由浇捣孔浇捣的施工方法;注浆法指在接缝部位设置注浆管,待后浇混凝土初凝后进行注浆填缝的施工方法。

8 地上地下结构同步施工

8.1 一般规定

8.1.1 上下同步施工是逆作法施工的发展方向,要求施工单位具备更高的施工工艺水平,与设计的结合也更为紧密。确定施工方案时应综合考虑工期、造价、设计要求及现有施工能力等因素,不是所有的工程都适合采用上下同步施工方法。对于地下室层数少于3层的情形,采用上下同步施工对整体工期影响不大,而相应的施工措施却可能会大幅提高地下结构造价,而向上同步施工层数较高(10层及以上层数)的结构,目前在上海地区尚缺少经验,相应的技术条件也显不足,故必须要根据具体工程进行专门的设计和施工方法的论证。

本章条文立足于上海现有的施工技术水平,并参考国内外相关的施工经验,针对性地提出了上下同步施工阶段的施工技术要求,并在其它章节的基础上适当提高了部分施工技术标准。

8.1.3 上下同步施工过程中临时构件的施工误差和缺陷不可避免,而施工阶段出现的动静荷载变化、温度效应、支承柱沉降、基坑变形均在不同程度上存在不确定性,单纯的计算分析肯定是不够的。所以,上下同步施工工程应有针对性的施工监测方案,以便设计和施工管理人员及时定量地掌握施工情况,从而更好地指导施工。

8.1.4 上下同步施工的界面层既是一个施工界面,同时在施工阶段也作为上下结构的转换层,即把上部结构传来的竖向和侧向作用力可靠地传递给临时地下结构,故必须具备足够的强度和

刚度。

8.1.5 上下同步施工中一般向下施工进度较慢,在地下结构刚度和整体性尚未形成前,上部结构荷载增加过快,对控制地下结构的变形及施工质量会造成一定影响。

目前在上海地区向上同步施工层数大于 10 层的工程实例还较少,故应在设计施工中采取较高的标准,一般而言同步施工层数大于 10 层或 30m 以上可认为是向上施工层数较多的工程。

8.2 施工工况模拟

8.2.2 本条荷载数值根据一般工程情况估计,实际施工荷载对于不同的工程及场地情况会有所不同。但不得小于本条文中的各项取值。

8.2.3 根据工程实践,当上部层数小于 10 层时,侧向作用往往不是控制工况,而层数越高,侧向作用越明显,对于承受较大倾覆力矩的剪力墙下的支承柱侧向作用的影响更不容忽视。

8.3 竖向构件和转换构件的技术要求

8.3.1 上下同步施工中一柱一桩在施工阶段一般将承受较大的荷载,对变形要求也更为严格,故与常规工程相比,对其施工质量的控制和检验应比一般逆作工程有更高的要求。目前上海地区现有工程桩的技术水平是制约向上同步施工层数的主要因素,故有必要加强对大直径桩在上海地区的应用研究,根据日本的经验,采用旋挖扩底桩是一个方向,如日本在建的某工程,采用了桩径 2500mm 的扩底桩,上端采用型钢柱,其单桩承载力容许值达到 70000kN 以上。在上海地区采用大直径桩尚缺乏经验,且必须首先解决成孔过程中孔壁稳定及沉渣的问题。

逆作法中一柱一桩在施工阶段承受的荷载较大,且变形控制要求较高,故应通过试桩确定其施工阶段的承载能力。考虑到逆作法立柱桩的数量一般不多,而试桩加载量很大,故试桩数量定为2根是合适的。工程中常规的试桩要求不变,上述试桩要求在可能的情况下可与常规试桩统一考虑。

8.3.4 剪力墙下采用原位支承柱托换的方式传力直接而明确,应优先采用。较之钢管混凝土支承柱或型钢支承柱,采用格构柱作为墙体的临时托换支承柱,后续钢筋混凝土施工较为方便,对施工精度的要求也相对较低。当剪力墙水平筋无法绕过格构柱,也可考虑在支承柱两侧留竖向施工缝,先浇筑避开支承柱的剪力墙部分混凝土,待先浇部位达到强度后再在格构柱上穿孔布置水平筋,竖向筋与格构柱相重部位则在格构柱两侧部位增设相同数量钢筋且与上部竖向分布筋搭接,而后完成二次浇筑。

钢管混凝土柱及型钢柱适用于施工阶段承受荷载较大的竖向支承柱,施工中应采取特殊工艺保证其定位准确。

8.3.5 在上下同步施工阶段,上层钢筋混凝土柱在界面层(同时作为转换层)与下层钢支承柱之间的可靠传力相当重要,故施工方应与设计协商,在原结构设计基础上采取相应的加强措施。

8.3.6 在上下同步施工阶段,当一柱一桩无法满足上部框架柱承载要求,则在界面层采用多桩柱转换,此时必须采取可靠措施保证临时转换的承载能力和变形要求,并减少换撑时的二次应力。

9 基坑降水

9.1 一般规定

9.1.1 集水明排、轻型井点降水、喷射井点降水、管井降水以及真空管井降水的适用条件详见上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》(DG/TJ08-61)的规定。

9.1.2 地下结构顶板施工前的降水管井顶部下移主要有两个目的:其一,在地下结构顶板上减少预留孔洞,便于防水处置;其二,井管下移后,减少地下结构顶板上的施工障碍,便于施工。

对于以明挖为主要土方开挖方式的顺作法基坑工程,在土方开挖与构筑支撑的交替施工工序中,疏干降水井管通常伴随土方开挖进度被逐段向下割除。这种井管清除方式的缺陷主要有两个方面:其一,疏干降水被频繁中断,持续抽水时间短,影响疏干降水效果;其二,当降水管井周边存在较陡、较高的临时土坡,或挖土机械正在降水井邻近地段开挖土方,易发生土方坍塌、交叉施工引起的安全生产事故,甚至导致人员伤亡。对于以暗挖为主要土方开挖方式的逆作法基坑工程,由于受开挖工况和照明条件影响,为了确保疏干降水效果及杜绝安全生产事故,降水井管在基坑开挖施工中不宜逐段向下割除。当基坑开挖至设计底面标高、完成垫层浇筑、无需继续进行疏干降水时,可一次性清除降水井管。

9.1.3 降水管井与井点的填砾数量不应小于下述计算值:

$$V=(\pi/4)\alpha(D^2-d^2)l \quad (1)$$

式中 V —— 滤料充填数量(m^3);

α —— 超径系数,可取 1.2~1.5;

D —— 填砾段孔径(m);

d —— 过滤管外径(m);

l —— 填砾段长度(m)。

9.1.4 管井抽水稳定后,抽出地下水的含砂量不应大于 1/20000 (体积比)。

9.1.6 为保证降水运行安全,施工现场应配置双路电源或自备发电机组,并保证两路电源能及时切换。

9.2 基坑降水

9.2.1 疏干降水效果可从以下方面检验。其一,观测坑内地下水位是否已达到设计或施工要求的埋深;其二,通过观测疏干降水的总排水量,判别被开挖土体的疏干度是否已满足要求;其三,通过理论计算或现场测试手段,判别被开挖土体含水量是否已下降到有效范围内。上述三个方面均应满足要求,才能保证疏干降水效果。

对于周边被隔水帷幕完全封闭、无地下水补给源的被开挖土体,其疏干度可通过下式计算:

$$\delta = \frac{Q}{sA\mu} \times 100\% \quad (2)$$

式中 μ —— 被开挖土体的给水度;

Q —— 疏干降水井的抽水总量(m^3);

s —— 被开挖土体中平均地下水位降幅(m), $s \geq H - h_w + 0.5$;

H —— 基坑开挖深度(m);

h_w —— 被开挖土体中地下水位的初始埋深(m);

A —— 基坑开挖面积(m^2)。

以淤泥质粘性土和粘性土为主的土体含水量的有效降低幅度不宜小于初始含水量的 8%，以砂性土为主或富含砂性土夹层的土体含水量的有效降低幅度不宜小于初始含水量的 10%。当未采取现场测试手段检验被开挖土体含水量时，在假定降水引起的土体重度变化忽略不计的前提下，可通过下式计算被开挖土体含水量的减小幅值 $\Delta\omega$ ：

$$\Delta\omega=\frac{(1+\omega)^2Q\gamma_w}{sA\gamma+(1+\omega)Q\gamma_w}\times100\% \tag{3}$$

式中 ω —— 被开挖土体的天然含水量(%)；
 γ —— 被开挖土体的天然重度(kN/m³)；
 γ_w —— 地下水重度(kN/m³)；

其余符号意义同前。

表 3 为根据式(2)及(3)进行的算例：

表 3 基坑降水算例

基坑 面积 $A(\text{m}^2)$	基坑 深度 $H(\text{m}^2)$	土层 名称	重度 γ (kN/m ³)	给水度 μ	含水量 $\omega(\%)$	抽水量 $Q(\text{m}^3)$	疏干度 $\delta(\%)$	$\Delta\omega$ (%)	$\frac{\Delta\omega}{\omega}$
10000	10	淤泥 质粘 性土 夹粉 土与 粉砂	18	0.04	50	3600	90	4.4	0.087
						3400	85	4.1	0.083
						3200	80	3.9	0.078
						3000	75	3.7	0.073
					45	3600	90	4.1	0.091
						3400	85	3.9	0.086
						3200	80	3.6	0.081
						3000	75	3.4	0.076

续表 3

基坑 面积 $A(\text{m}^2)$	基坑 深度 $H(\text{m}^2)$	土层 名称	重度 γ (kN/m^3)	给水度 μ	含水量 $\omega(\%)$	抽水量 $Q(\text{m}^3)$	疏干度 $\delta(\%)$	$\triangle\omega$ ($\%$)	$\frac{\triangle\omega}{\omega}$
10000	10	淤泥 质粘 性土 夹粉 土与 粉砂	18	0.035	40	3150	90	3.3	0.084
						2975	85	3.2	0.079
						2800	80	3.0	0.075
						2625	75	2.8	0.070
10000	10	粉土	18	0.05	40	4500	90	4.7	0.118
						4250	85	4.5	0.112
						4000	80	4.2	0.106
						3750	75	4.0	0.099

9.2.2 对于盆式开挖或面积较大、采取分区开挖施工的逆作法基坑,坑内一般需设置临时边坡且其保留时间较长。为保证土坡稳定与控制变形,沿临时边坡坡顶可采取轻型井点或喷射井点降水措施,对临时边坡土体进行加固。

9.2.6 在疏干降水过程中,配备分离式过滤器的新型超真空疏干降水管井具有抽水量大、持续抽水能力强、过滤管经开挖暴露后无真空度损失(真空度不低于 0.08MPa)、无井损、单井有效疏干降水面积大等优点,能有效保证疏干降水效果。

逆作法施工中,降水引起的土体固结变形对地下结构板浇筑施工的影响不容忽视,地下结构板浇筑施工前应尽快完成疏干降水引起的土体固结变形,因此,对疏干降水持续抽水时间、效果与质量提出了更高要求。基于上述因素,宜优先考虑采用配备分离式过滤器的新型超真空疏干降水管井进行逆作法基坑疏干降水。

10 基坑开挖

10.1 一般规定

10.1.4 开挖下层土方时上层混凝土结构楼板强度必须达到设计要求,对于地下结构混凝土设计没有提高原结构设计的标号时,还应满足结构设计的拆模标号要求;对于采用无排吊模施工的逆作楼板,因模板及吊杆不拆除,只需要满足设计要求的楼板强度。

10.2 取土口设置

10.2.1 逆作法施工是在界面层楼板封闭后,再进行土方开挖和地下各层结构的施工。为了解决土方外运和材料(钢筋、混凝土、排架、模板)的运输,需要在地下各层楼板结构上留设上下连通的垂直运输孔洞,这些孔洞可以利用已有的结构孔洞(车道进出口、电梯通道等),当已有结构孔洞不能满足运输要求和支撑受力要求时,必须对楼板结构进行临时开洞,开洞的数量主要取决于工程的日出土量的要求(根据目前的经验,每个取土口一台出土设备或挖机按一个工作日 8h 计算,出土量在 500m^3 左右)。

地下暗挖挖土机有效半径一般在 $7\text{m}\sim 8\text{m}$ 左右,地下土方驳运时,一般控制在翻驳二次为宜,避免多次翻土引起下方土体过分扰动;地下自然通风有效距离一般在 $15\text{m}\sim 20\text{m}$ 左右,故一般取土口间距不宜超过 40m ;对于类似地铁车站之类的狭长型基坑,基坑两端处宜设置出土口(出土口距端部的距离不宜大于 15m),中部区域宜每隔约 30m 设置一个出土口,地铁车站取土口

尚需结合结构诱导缝进行布置。

为保证出土效率,结合长臂挖机的作业需要,大型基坑每个取土口的面积一般不小于 60m^2 ;为方便钢筋等材料运输,长度方向一般不小于 9m ,对于局部区域无法满足长度要求时,其洞口对角线不得小于 9m 。

10.3 土方开挖及运输

10.3.2 逆作结构模板及支撑体系因挖土标高限制,一般采用短排架支模,开挖前难以先行拆除。挖土时一般边挖土边拆除垫层及模板,挖土至模板松动时,必须先拆除模板和其它坠落物,然后继续开挖,严禁在未拆除的垫层及模板下站人,防止垫层或模板坠落伤人。拆除的材料必须随时清除,不准堆放在挖土区域的上方,以防下滑击伤人体。

10.3.5 逆作结构板的加固区应结合周边环境条件、原建筑设计以及取土口的位置等因素综合考虑进行专项设计,顶板落深或高出地面应设计汽车坡道,坡道的坡度不宜大于 $1:8$,并应满足运土车辆及挖土机的进出要求。加固区域应能保证施工期间的荷载要求及逆作期间施工对场地的要求,确保车辆能在结构楼板上顺利通行。土方车辆通行区域的柱、墙板插筋在挖土期间应采取措施加以保护。

10.3.7 土方开挖垂直运输主要根据挖土深度的不同选用不同的挖土与运输机械。挖机设备的型号不同,其挖土作业深度亦有所不同,一般长臂挖机作业深度为 $7\text{m}\sim 14\text{m}$,滑臂挖机一般 $7\text{m}\sim 19\text{m}$,抓斗机、吊机及取土架作业深度可达 30m 以上。

11 盖挖法施工

11.1.1 盖挖法施工指由地面向下开挖至一定深度后,将顶部封闭,其余的下部工程在封闭的顶盖下进行施工,地下主体结构可以顺作也可以逆作。当地下工程施工需要穿越公路、建筑等障碍物时宜采取盖挖法施工。在城市繁忙地带修建地铁车站时,往往占用道路,影响交通。当地铁车站设在主干道上而交通又不能中断,且需要确保一定交通流量要求时,盖挖法能充分发挥其技术优势。盖挖法的施工流程通常可以分为三个部分,首先是围护结构的施工,其次是临时路面体系(即盖板体系的施工),之后是在已建成的路面体系下进行土体开挖、支护和建筑结构的施作。

(1)盖挖顺作法

盖挖顺作法是在地表作业完成挡土结构后,以定型的预制标准覆盖结构(包括纵、横梁和路面板)置于支护结构上形成临时场地,可作为施工场地,临时道路等,然后在其下面顺作结构。

(2)盖挖逆作法

盖挖逆作法采用首层楼板逆作,部分楼板开孔留洞。使用临时盖板封闭洞口,作为临时道路或堆场。向下作业时可揭开盖板,完工后恢复封闭。

11.1.3 钢盖板结构相对简单,整体性好,重量轻,强度高,可重复利用性相对要好,但其面层由于太薄而容易在使用中遭到损坏。钢筋混凝土盖板造价低,但厚度大,重量大,容易在重复载荷下开裂并破坏,重复利用性较低。

11.1.4 钢盖板一般采用型钢拼装,此种盖板材料来源简单,无需特殊工艺加工,制作简单,承载力可靠,耐久性远比钢筋混凝土

盖板要高,可重复利用多次,且在报废后亦能回收利用,该种盖板结构形式如图 30 所示。

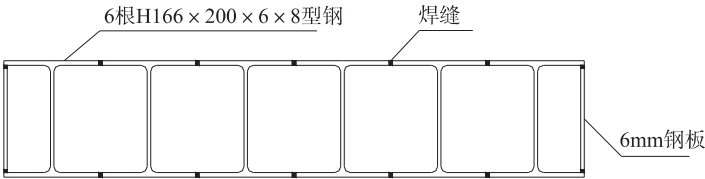


图 30 型钢拼接盖板结构形式

11.1.9 型钢盖板梁宜采用型号较小的双拼形式,或采用型号较大的单品型钢。

11.1.10 合设方式是首道混凝土支撑兼做盖板系统的主梁,主梁直接固定于支承桩顶部的施工方法;分设方式是首道支撑和盖板系统主梁分离的施工方法。

11.1.12 钢盖板在实际使用中将受到汽车冲击荷载的作用,因此盖板与支撑系统的减震处理十分重要。钢盖板的底面及剖面如图 31 所示。

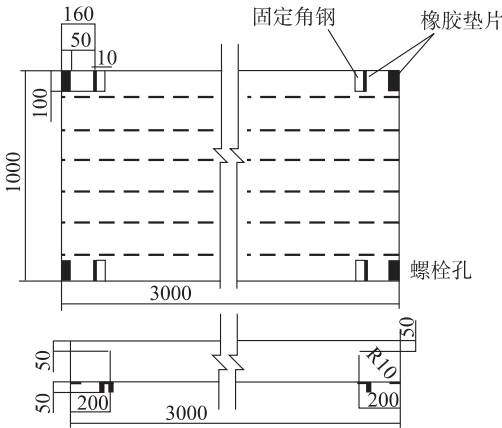


图 31 钢盖板底面、剖面图

11. 1. 15 混凝土盖板防水主要包括如下三个主要方面：

(1)混凝土本身的自防水：混凝土经常接触水的部位应设计为防水混凝土，尤其是路面的部位。

(2)接缝连接处防水：混凝土盖板纵向接缝连接处通过灌注沥青类填料、设置橡胶垫层来实现防水的要求；横向接缝连接处亦可灌注沥青类填料，并用沥青勾缝；混凝土盖板与圈梁搭接处的缝隙可使用砂浆结合防水填料填充。

(3)防水涂层：混凝土铺装层上面必须设置防水层（通常采用PC防水卷材），而且要求其下部预制混凝土和上部沥青混凝土都有很强的亲和性和附着力。

12 基坑监测

12.1 一般规定

12.1.3 目前常采用的监测管理模式为：监测人员现场量测→制作及提交报表→相关人员阅读报表并做出批示→各部门相互沟通并采取措施。

此模式存在较多的不足：

(1)及时性较差。从量测结束→制作当日报表→提交当日报表→相关人员阅读报表并做出批示→各部门相互沟通并采取措施，此流程过长，需要的时间过多，这对于管理人员及时了解具体监测数据从而对工程建设的安全性及发展趋势判断是不利的；

(2)资源共享性差。参建方各部门相互之间孤立，数据共享性差，相互沟通不便；

(3)数据管理能力较差。各种工程资料、工程文档的保存、查询很不便利。这对于工程进展情况的查询、工程问题的解决以及工程经验的总结等都是不利的；

(4)数据直观性差。报表往往是由一个个孤立的数据组成的，虽然可以反映当日的的数据变化量，但是比较抽象，很不直观。这不利于管理人员从中看到数据的变化规律、发展趋势；不利于管理人员对各数据相互验证，判断数据的真实性；

(5)数据分析能力差。

对于逆作法基坑，其施工信息管理尤为重要，如对监测数据的判读不及时可能会造成极大的工程损失，因为逆作法基坑工程的施工是楼层自上而下与基坑开挖交替施工的，如果量测数据过

大且判读不及时,在无控制措施的情况下继续施工造成基坑变形过大甚至坍塌,那么造成的影响不仅仅是基坑支护结构本身而且还有该建(构)筑物本身的地下结构和上部结构(上下同时施工)。因此,逆作法基坑施工的各个环节都需及时的进行监测控制,达到信息化施工。

逆作法基坑工程在施工过程中具有较大的风险,如果能有一套后台数据分析系统,结合地质条件、设计参数以及现场实际施工工况,对现场监测数据进行分析并预测下一步发展的趋势,并根据提前设定的警戒值评判出当前基坑的安全状态;然后根据这些评判,建议相应的工程措施,指导施工,减少工程失事概率,确保工程安全、顺利的进行,则具有较大的实际应用价值。

远程监控系统的监测数据管理模式为:监测人员现场量测→监测数据上传至远程监控系统→远程监控系统自动汇总分析监测数据→工程每日安全评估(预报警事件的发布处理)→相关人员通过远程监控系统批阅信息。

本节介绍的远程监控系统由两部分构成,一是后台数据分析计算软件,可以对当天工地现场实测数据进行处理、分析,并结合基坑围护结构设计参数、地质条件、周围环境以及当天施工工况等因素进行预警、报警、提出风险预案等;第二部分是基于网络的预警发布平台,它基于 WEBGIS 开发,可以将后台的分析结果以多种形式发布,并通过网络电脑或手机短信的方式将预警信息发送给相关责任人,达到施工全过程信息化监控,将工程隐患消灭在萌芽状态。该系统主要有以下特点:

(1)远程监控系统通过构架在 INTERNET 上的分布式监控管理终端,把建筑工地和工程管理单位联系在一起,形成了高效方便的数字化信息网络(图 32)。在这个网络里,借助于 INTER-

询、工程问题的解决以及工程经验的总结等等都无疑是极为有利的。

远程监控管理系统的管理模式的核心内容是,通过远程监控管理预警系统对项目实施全过程中项目参与各方产生的信息和知识进行集中式管理的基础上,为项目的参与各方在 Internet 平台上提供一个获取个性化项目信息的便捷入口,从而为项目的参与各方提供一个高效率信息交流和共同工作的环境,实现工程的工期、质量和成本控制。

采用远程监控管理模式时,应设置远程监控中心。远程监控中心是负责远程监控工作的一个机构,协调和处理远程监控实施过程中的各项工作事宜,保证远程监控系统的正常运行。

12.1.4 上海市工程建设监测规范主要包括《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)及《基坑工程技术规范》(DG/TJ08—61)等。这些规范收集了上海地区的基坑工程监测实例,是地区性经验总结,适用于上海地区工业和民用建筑工程的基坑、市政工程中排管沟槽、地铁、隧道支护等监测工作。本章未列入的详细的监测点布置原则和监测方法可参照该规范执行。

12.2 监测项目、测点布置及警戒值

12.2.2 一般基坑每边的中部、阳角处变形较大,所以中部、阳角处宜设测点。为了便于监测,水平位移观测点宜同时作为垂直位移的观测点。为了测量观测点与基线的距离变化,基坑每边的监测点不应少于 3 点。观测点设置在围护墙顶上,有利于观测点的保护和提高观测精度。

12.2.3 在逆作施工阶段,支承柱的竖向变形主要包括两个方面,一方面为基坑开挖卸荷引起的支承柱向上的回弹隆起,另一

方面为在已施工完成的水平结构和施工荷载等竖向荷重加载作用下发生的沉降。支承柱竖向位移的不均匀会引起水平结构梁板或支承体系的次生应力。若支承柱间或支承柱与围护墙间有较大的沉降差,会使支承体系偏心受压,从而引发工程事故。因此支承柱竖向位移的监测特别重要。监测点应布置在支承柱受力、变形较大和容易发生差异沉降的部位。

逆作法基坑的支承柱差异沉降或者支承柱与围护墙差异沉降过大,会导致结构梁板产生裂缝,甚至结构破坏。因此对于支承柱沉降监测点总数量的要求更高一些。

面积较大的取土口一般指取土口边长超过 3 个柱网的情况。

12.2.4 在逆作法基坑工程中,结构梁、板是支撑体系重要组成部分。水平力主要由结构楼板承担,楼板将自重以及施工荷载传递给梁。在逆作法工程中,结构梁、板处于十分复杂的应力状态下,可能会受到弯矩、剪力和扭矩的共同作用。因此,对于结构梁、板的内力监测是十分必要的。若局部楼板缺失,楼板与临时支撑以及加固边梁相连,该处属结构相对薄弱环节,该类梁也起到了部分围檩的作用,因此有必要在部分该类梁中布置应力测点,在测得应力的同时,为测得该梁是否存在挠曲情况,宜在上下左右四个侧面分别安装应力计。

12.2.5 基坑隆起(回弹)监测点的埋设和施工过程中的保护比较困难,监测点不宜设置过多,以能够测出必要的基坑隆起(回弹)数据为原则。

逆作法工程中,布置监测点应根据取土口的位置和面积等因素综合确定。

对于有条件的基坑可考虑如下的布点方式:

(1)距坑底边缘 $1/4$ 坑底宽度处宜布置测点;

(2)监测剖面间距宜为 20m~50m,数量不少于 2 条;

(3)剖面上监测点间距宜为 10m~20m,数量不少于 3 个。

12.2.6 当采用地上地下结构同步施工时,支撑柱差异沉降达到 10mm 时应报警,并适当控制向上同步施工的速度。

12.3 远程信息化管理

12.3.1 远程监控系统的安装、调试是实施远程监控信息化管理的前提条件,除了要保证网络畅通、远程监控系统硬件及软件的正常工作以外,对监测人员进行监测数据上传至远程监控系统的培训以及其他系统用户的使用培训,保证工程各方用户对于系统的熟练使用也是十分必要的。远程监控中心应对工程各方用户进行定期以及不定期培训,以保证远程监控工作正常进行。如果远程监控系统出现故障,远程监控中心应及时采取措施使系统恢复正常工作状态。

12.3.2 对于远程监控模式的信息化管理,数据上传的及时性是十分重要的。远程中心人员需要及时了解工程本体及周围环境的变化情况,从而对工程的安全状态作出评估。

监测数据的真实、完整、有效是判断基坑与周围环境安全与否的前提,严禁监测人员编造数据,并且严禁漏报、瞒报监测数据。

基坑施工的工况信息是十分重要的,监测数据应当与工况相匹配。仅仅有监测数据,无法准确地反映基坑和周围环境的状况,从而无法对工程的安全状态作出准确评估,而且在没有工况信息的情况下,无法判断监测数据的真实性、准确性。

当监测数据达到或超过警戒值时,数据上传的及时性更为重要。基坑或者周围环境已经处于不利状况,如果数据上传滞后,

可能会丧失采取应急措施的宝贵时间。因此要求监测人员在监测完毕后先立即通报远程监控中心,然后再上传数据,尽可能为远程监控中心人员采取对策争取时间。如果不具备上传数据的条件,监测人员应通过其他方式向远程监控中心上报监测数据,例如通过电话、传真、人工送达等方式。

12.3.3 远程监控系统应能通过内嵌的计算模型或其他工具对监测数据进行自动分析。数据分析曲线指各监测项目单个测点的本次监测数据曲线、历时监测数据变化曲线,多个测点的本次监测数据对比曲线、历史监测数据变化对比曲线。通过监测数据的自动分析和数据分析曲线,能够判断工程目前的安全状态和趋势,指导工程建设施工。

预报警自动提示指当监控数据的变化超过预先设置的各级预报警控制指标时,系统能自动采取发短信等方式让相关各方人员立即获知预报警信息。

当工程处于预报警状态时,远程监控管理系统应自动向相关各方人员发出预报警信息,并且在远程监控管理平台上及时发布预报警事件的最新信息,从而使相关各方人员能共享信息,及时协调处理和闭合预报警事件。

13 施工安全与作业环境控制

13.3 照明及电力设施

13.3.1 根据《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46)要求,无自然采光的地下室大空间施工场所,应编制专项照明用电方案。

13.3.3 逆作法地下室施工时自然采光条件差,结构复杂。尤其是节点构造部位,需加强局部照明设施,但在一个工作场所内,局部照明难以满足施工及安全要求,必须和一般照明混合配置。本条符合现行国家标准《建筑照明设计标准》(GB50034)规定,并适合于施工现场照明设置的需要。

13.3.5 标准灯架搭设示意图如图 33 所示。

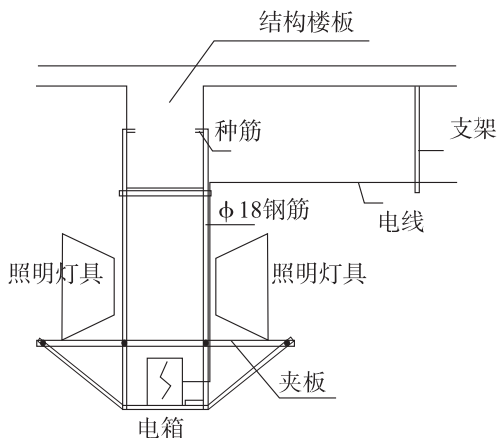


图 33 标准灯架搭设示意图

13.3.6 通常情况下,线路水平预埋在楼板中,也可利用永久使

用阶段的管线,竖向线路可在支承柱上的预埋管路(如图 34)。

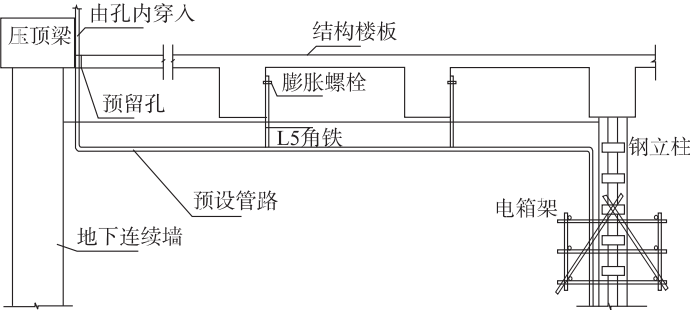


图 34 预埋管示意图

逆作法施工技术规范

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市建筑建材业市场管理总站