

# 建筑工程深基坑开挖与支护技术研究

欧力华

广东省构建工程建设有限公司

**摘要：**随着我国城市化进程的推进及土地资源日渐紧缺，建筑工程深基坑施工呈现出“深、大、近、紧、难”的特征，使施工过程技术难度增大、危险系数提高、结构受力复杂。鉴于此，文章以工程实例为依据，结合项目实际情况，经专家论证，提出了盆式大开挖技术和“土钉墙+桩锚”联合支护体系，通过技术要点的分析，保障了深基坑支护结构的稳定性和施工过程的安全性。

**关键词：**危大工程；深基坑；土钉墙；桩锚支护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.028

## 引言

深基坑工程属于超过一定规模的危大的子分部工程，其开挖与支护施工方案必须保证安全性与适应性<sup>[1]</sup>。因此施工方案需要根据不同水文地质条件、项目周边建筑情况而编制，经专家论证通过后方可实施。本文结合综合体项目实际，对建筑工程深基坑开挖与支护技术进行探究，为提升施工质量，保障施工安全平稳进行，以及后续工作的开展奠定良好基础。

### 一、工程概况

某大型综合体项目总建筑面积157531.5m<sup>2</sup>，其中地上建筑面积86071.8m<sup>2</sup>，地下建筑面积71459.7m<sup>2</sup>，建筑高度35.4-49.8m，为6栋高层建筑。工程所在场地周围无其他建筑物，场地开阔，场内高差较大，最大达7m，地面高程介于62~69m之间。地下工程为明挖施工，土方开挖采用盆式大开挖施工技术，开挖方量约42.5万m<sup>3</sup>，基坑开挖深度在10.07m~17.07m，支护结构采用“土钉墙+桩锚”联合支护体系。

### 二、施工总体方案

本工程周边均为道路，无建筑物，基坑勘测场内地层由素填土、黄土、古土壤组成，岩土自稳性一般。经专家论证，土方开挖采用盆式大开挖施工技术，支护体系基坑上部5.5m采用土钉墙，下部采用桩锚结构，如图1所示。

支护桩钢筋为Φ18、Φ16、Φ14、Φ8，桩身混凝土强度为C30；土钉墙护坡面采用Φ16摩擦钉，铺设钢筋网Φ6@250，喷射C20混凝土。锚索材料采用1860级Φs15.2预应力钢绞线，轴向压力值420KN，锁定力280KN。锚具均采用0VM15锚具，锚具下垫钢垫板300×300×20mm，垫板与护坡面中间设置钢筋混凝土垫块。冠梁采用20b工字钢，截面尺寸0.8m×1.0m，混凝土强度与支护桩同标号；槽钢采用Q235型，f=215N<sup>2</sup>/mm。

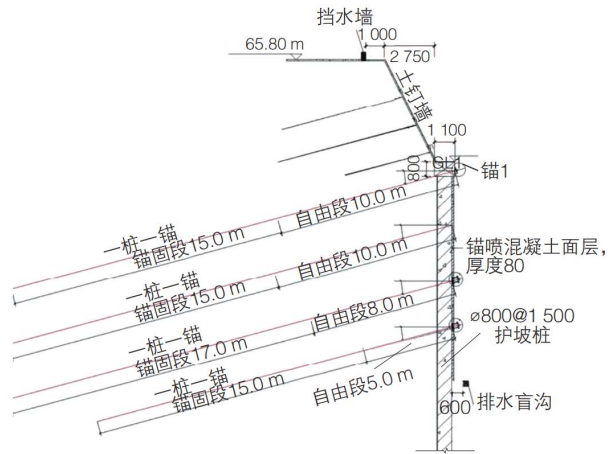


图1 支护体系剖面示意图

### 三、施工技术要点

本工程基坑土方开挖与锚索、桩间护壁施工穿插进行，土方施工与基坑支护施工密切配合。支护桩采用旋挖钻机成孔，跳桩法施工，设计桩径0.8m，桩间距1.5m。施工过程按照“先支护、后开挖、分层分步开挖支护”的原则，自上而下水平分段分层进行<sup>[2]</sup>。

#### (一) 土钉墙施工技术

土钉支护流程为：边坡放线→土方开挖边坡修整→锚杆成孔→安装锚杆、注浆→挂网喷射混凝土→第二次土方开挖→锚杆成孔→安装锚杆、注浆→挂网喷射混凝土→重复以上步骤至工作面。

##### 1. 成孔与清孔

根据设计孔位测量放线，标注出准确孔位后进行机械钻孔，孔径120mm。钻孔过程中严格控制孔长、孔径及俯角，确保符合设计要求。

钻孔过程中严禁加水，成孔后应立即清孔检查，及时处理孔中出现的局部渗水塌孔或掉落松土<sup>[3]</sup>。成孔检查合格后，应及时安设土钉并注浆。

##### 2. 土钉制作与安放

土钉杆体现场加工，长度、直径需满足设计要求。为保证土钉安放时位置准确，采用焊接居中支架进行固定（支架构造对浆液流动无阻碍），设置间距为2.0m。

##### 3. 注浆

土钉安装完成并检验合格后，采用重力注浆，注浆水泥砂浆为M20。注浆时注意注浆顺序把控，从里向外，注浆管插入孔底10-20cm，为防止浆液外流，在孔口位置设置浆泵和排气管<sup>[4]</sup>。注浆过程注意事项如下：

(1) 压力注浆时应于钻孔口部设置止浆塞，注满后保持压力3~5min，在初凝前需补浆1~2次。

(2) 注浆时导管的撤出速度应匀速缓慢, 为保证孔中气体能全部逸出, 导管的出浆口应保持在孔中浆体的表面以下。

(3) 向孔内注入浆体的充盈系数必须大于1。每次向孔内注浆时, 宜预先计算所需的浆体体积并根据注浆泵的冲程数求出实际向孔内注入的浆体体积, 以确认实际注浆量超过孔的体积。

(4) 施工时严禁随意加大用水量, 灌注前将浆体充分搅拌, 在注浆前、中途停顿、作业完毕均需用水冲洗管路。

#### 4. 挂网

挂网前根据使用要求调直钢筋, 检查边坡坡面, 根据坡面设计要求, 铺上一层钢筋网, 用扎丝绑扎钢筋, 钢筋搭接牢靠, 钢筋网铺设时每边的搭接长度为400mm。

土钉与面层钢筋网的连接可通过在土钉钉体端部焊接短钢筋后与加强筋焊接来实现。短钢筋长度应不小于300mm, 短钢筋采用的材料同钉体钢筋<sup>[5]</sup>。

#### 5. 加强筋焊接

在完成注浆与网片绑扎工作后, 利用加强钢筋将各土钉头部焊接连接形成整体。土钉端头焊接同材料锚头, 焊接形式为双面焊, 各焊点需保证牢固。

#### 6. 喷射混凝土

完成上述工序后, 报检驻地监理验收合格后即可进行面层混凝土喷射。混凝土采用干喷法, 配合比现场取样通过室内试验确定, 本工程喷射混凝土强度等级为C20, 所用原材料规格及配合比为: 42.5水泥: 细砂: 5~15mm机碎石=1: 2: 2。混凝土喷射过程控制事项如下:

(1) 在喷射混凝土前, 面层内的钢筋网片应牢固固定在边壁上并符合规定的保护层厚度要求。钢筋网片可用插入土中的钢筋固定, 在混凝土喷射下应不出现振动。喷射混凝土前, 应对机械设备、风、水管路和电路进行全面检查和试运转。

(2) 喷射混凝土的喷射顺序应自下而上, 一次喷射厚度不宜小于30mm, 喷头与受喷面距离宜控制在0.8~1.5m范围内, 射流方向垂直指向喷射面, 但在钢筋部位, 应先喷填钢筋后方, 然后再喷填钢筋前方, 防止在钢筋背面出现空隙。

(3) 喷射混凝土终凝后2小时, 应根据具体情况, 采取连续喷水养护5~7天。

### (二) 桩锚结构施工技术

桩锚支护流程为: 施工准备→场地平整→定位放线→护筒埋设→钻机就位→成孔→清孔→钢筋笼加工及吊装→混凝土浇筑→养护→开挖冠梁沟槽→破桩头→冠梁模板支设、钢筋绑扎→冠梁浇筑→第一步土方开挖→锚索成孔→加工安放锚索→锚索注浆→锚索养护→锚索拉拔→安装工字梁, 紧固张拉锚索→坡面修整→挂网喷射混凝土→第二步土方开挖→坡面修整→挂网喷射混凝土。

土。

#### 1. 埋设护筒

支护桩采用旋挖钻机成孔跳桩法施工, 采用此方法成孔时, 必须埋设护筒。本项目护筒钢板厚度为8mm, 埋设深度为2m。施工中为防止护筒受各种因素影响下沉偏离原位置, 在钻孔前, 打入土内30cm大小50(高)×5(长)cm的方木桩, 方木桩圆心点为桩位中心点, 每间隔90度打入一方木桩, 在每个方木桩中心点定入铁钉, 然后将对角木桩用细线连接, 调整对角交叉点使对角交叉点与桩位中心重合, 以形成正方形控制区, 再以桩位为圆心, 以护筒外径+10cm为直径画圆, 做好标记<sup>[6]</sup>。在埋设过程中注意护筒中心点及垂直度偏差, 最后利用黏土回填护筒外侧, 用环形固定器固定护筒后将护筒标高引致护筒上口。

#### 2. 吊装钢筋笼

本工程桩身竖向钢筋设计为 $\Phi 22$ , 螺旋箍为 $\Phi 8$ , 间距100mm, 加劲筋 $\Phi 18$ , 间距2m, 定位筋设计为 $\Phi 8$ , 沿主筋长度方向设置, 每组3个, 每间隔3m设置一组, 主筋单面搭接焊接, 吊钩与主筋焊接连接, 吊钩接口以及与主筋的连接处固定牢固, 采用汽车吊三点起吊。

#### 3. 成孔、清孔

本工程使用旋挖钻机成孔, 施工中重点把控垂直度, 在施工前调整钻挖机步履机构, 整机安放平整, 使用驾驶室内的系统显示屏定点定位, 采用系统自带水平仪及垂直度校核。在钻进过程中利用区桅杆油缸支撑保持平衡, 以桅杆调垂系统调整过程中垂直度。

清孔是钻孔灌注桩的重要一环, 成孔达到设计孔底标高以上1.0m时, 停止成孔。本工程利用旋挖钻机自身的筒式钻头上的旋挖叶片和外罩筒配合清孔, 并以自制小抓斗辅助, 确保孔底虚渣厚度不超过50mm。

#### 4. 混凝土灌注

混凝土采用水下导管法灌注, 导管直径25cm。灌注前再次测量孔深并经监理工程确认后, 立即进行混凝土灌注, 要点如下:

(1) 混凝土灌注应连续作业, 中途若因故不得已停止时, 停止时间不宜超过30min。

(2) 为保证灌注顺畅, 混凝土需具有良好的流动性, 坍落度以180~220mm为宜, 且在进场后应进行现场检测, 合格后方可灌注。

(3) 灌注过程应勤测勤量混凝土面至孔口距离, 以此计算导管埋置深度, 控制在2~6m之间<sup>[7]</sup>。导管埋置深度过大, 增加混凝土灌注难度; 导管埋置深度过小, 容易出现夹层甚至断桩事故, 工程实际中需合理控制。

(4) 桩顶混凝土灌注高程应高于设计标高80cm左右, 后期在施工冠梁时开挖后予以破除, 以保证桩头混凝土密实度。

#### 5. 锚索施工

锚索施工前应人工探孔, 遇到管线或障碍物应适当调整锚索角度再进行探孔。锚固法注浆采用排气注浆法

施工，本工程自由段钢绞线设置隔离套管，并采用工程胶布外缠封闭套管两端，自由段与土层间空隙用水泥浆注满。锚固段在注浆施工完成强度达到M15或设计强度的75%进行预应力锚索张拉，张拉端头布置如下图2所示。

封孔注浆后，从锚具量起留50mm钢绞线，其余部分利用手持切割机切除，并在其外部包覆厚度不小于50mm的水泥砂浆保护层，以防钢绞线锈蚀<sup>[8]</sup>。

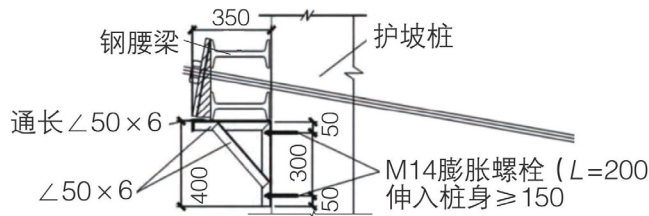


图2 预应力锚索张拉锁定端头布置示意图 (mm)

#### 6. 槽钢冠梁施工

当桩身混凝土表面平整度差异过大时，调整钢筋网垫块层数及厚度，保证型钢与护坡桩结合紧密。在型钢腰梁施工过程中，为保证基坑施工安全，解决因型钢原材长度限制，导致在施工过程中出现型钢腰梁断开，腰梁无法连成整体的问题。本工程采用将错开的型钢腰梁用短钢板焊接连成整体的方法，间距为1d（d为支护桩间距）。

#### 7. 喷射混凝土面层

喷射C20混凝土面层，厚度为80mm，钢筋网片为Φ6@250×250mm，桩身竖向间距每间隔2m设置M10膨胀螺栓将钢筋网片进行固定。喷射混凝土应加入速凝剂，注意混凝土终凝后的养护工作，不能低于7天。喷头与作业面应保持垂直，喷射顺序自下而上，喷头与作业面间距控制在0.8~1.5m，钢筋网保护层厚度不小于20mm，喷射砼应在监理人员见证下进行抗压强度试验，试块抽取数量为每50m<sup>3</sup>或每12个小时取1组，每组试块的最少抽取3个，制作方法采用直接喷射砼试块。

#### (三) 土方开挖施工技术

(1) 土方开挖流程：测量放线→地表清理→分层土方开挖→分层修坡、支护→人工基底开挖→验槽→桩基施工→局部开挖→施工垫层。基坑支护进度随土方开挖进度分层分段进行。

(2) 土方开挖机械选择：挖掘机选用卡特3230D（或大宇220）反铲挖掘机，自卸汽车选用德龙自卸车，单车容量15m<sup>3</sup>。

(3) 当第一层土挖至预计标高后，即进行支护施工，待土钉墙施工完毕后进行加深部位的二次放线，然后开挖下层土，其余分层土方开挖按照第一层的开挖、护坡方式和程序进行。基槽土方开挖施工结束后，由监理单位组织联合验槽工作。

#### 四、防排水措施

(1) 根据地勘报告内容本工程不涉及降水，考虑

到基坑开挖及边坡支护为雨季施工阶段，因此，基坑底土方开挖施工时，沿边坡防护下口线向外偏移0.5m处设300mm×300mm排水明沟用于雨水收集，集水坑按照30~50m间距设置，集水坑尺寸1.0m×1.0m×1.0m，并配备相应的水泵用于及时排除基坑积水。

(2) 排水沟及集水井距坡脚不小于0.5m，且坑内排水沟的坡度不小于3%，考虑基坑开挖阶段正值雨季阶段，因此做好基坑周边排水规划，防止雨水涌入基坑内，因此增设截水沟，截水沟应设在基坑上边缘线不小于2m位置，截水沟设300mm×300mm，在截水沟与基坑边缘之间应增设挡水墙，截水沟两侧应设不小于5%的坡度，利于雨水的排放。

#### 五、基坑监测

根据本工程基坑特点，采用小角法进行位移测量，在基坑（或边坡顶）四周共布设基准线6条，设置基准点12个（实施时要根据现场情况而定），拟埋设基准点标识，采用混凝土现场浇灌的方法设置，宜埋设深度80cm，在标识中心安装测量标志（或根据现场实际情况布设便于观测而且稳定的基准点）。

#### 六、结语

综上，本工程基坑上部采用土钉墙支护，大大节约工程成本，下部使用桩锚支护结构，增加基坑稳固性及安全性。因此，在建设时必须根据工程实际分析，确定切实可行的施工方案，并严格按照施工方案施工，在施工中重点把控容易存在质量安全隐患工序，科学运用各项施工技术，严格把控各项工艺流程，从而有效控制地面和地下土体的变形，保证基坑使用期限内安全，进而提高建筑工程品质，节省资源，降低成本。

#### 参考文献

[1] 曲成平, 叶明辉, 孙浩方. 某项目深基坑变形监测与数值模拟分析[J]. 施工技术, 2019, 48(22): 59-62.

[2] 王旭军. 上海中心大厦裙房深大基坑变形特性及盆式开挖技术研究[D]. 上海: 同济大学, 2014.

[3] 何小军, 杨海林, 周志华. 深基坑支护中钻孔灌注桩施工技术的探讨[J]. 环球市场, 2019(10): 293.

[4] 石雪洁. 深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用探析[J]. 九江学院学报(自然科学版), 2019, 34(01): 35~37.

[5] 林凯珍, 龙志雄. 桩锚式支护体系在地铁超宽深基坑中的应用研究[J]. 江西建材, 2023(7): 271-273.

[6] 贺炎九. 桩锚支护结构在基坑工程中的应用及稳定性影响因素分析[J]. 砖瓦, 2024(1): 75-78.

[7] 梁雁鸣. 房建工程深基坑土钉墙支护施工技术及管理探讨[J]. 砖瓦, 2023(1): 146-148, 152.

[8] 陈青峰, 苗彦军, 韩磊磊, 肖士坤. 明挖深基坑“排桩+土钉墙”支护结构体系施工技术及管理控制要点分析[J]. 四川水泥, 2023, (04): 145-147.