

# 超大深基坑支护方案选型分析

金吉

深圳市勘察研究院有限公司

**摘要:**近年来,随着城市建设发展,基坑工程变得更大更深,基坑周边环境更复杂。基坑支护方案选型对超大深基坑必不可少<sup>[1]</sup>,通过选型分析比较,选择对基坑工程最有利及合理方案,保证基坑安全性及经济性。本文通过深圳某超大深基坑的支护案例,介绍该基坑工程的概况、工程地质及水文地质条件、周边环境等,并结合目前深圳常用的支护方案,分析总结各支护方案的特点,最终确定最适合本项目支护方案,可为同类工程提供经验借鉴。

**关键词:**中心岛支撑;桩锚;内支撑;盆式开挖;抛撑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.084

## 一、工程概况

### (一) 工程规模

拟建项目位于深圳市福田区华富街道,用地面积约8.85万平方米,基坑开挖面积约8.66万平方米。场地地形有起伏,高差较大,地面标高在17.00~25.80m,基坑周长约1200m,基坑深约9.0~18.0m,基坑北高南低,高差约9m。场地西北角地势最高,绝对高程在25.80m左右,南侧最低。

### (二) 周边环境

场地南侧为市政道路,路边有电力及电信管线,道路下有规划地铁24号线,东南角有规划地铁地下商场的消防出口,距离基坑约10.4米。场地东侧为市政道路,路边有电力、给水、雨水、污水、燃气及电信管线;场地北侧为学校及居民住宅,场地与学校及居民住宅有条道路,宽约4.6米,路边有电力、污水、燃气及电信管线;场地西侧为自然山体及网球中心,网球中心距离本项目基坑约23m~24m。



图1: 基坑周边环境图

## 二、工程地质与水文地质条件

### (一) 工程地质条件

拟建场地原始地貌单元属山地丘陵,后经人工开挖及堆填整平形成现今地形地貌,目前场地平整,现状地面标高约17.00~25.80m,场地内分布的地层有:人工填土层(Q<sup>m1</sup>)、第四系冲洪积层(Q<sup>al+pl</sup>)、残积层(Q<sup>e1</sup>)及燕山期花岗岩岩层(ηβ<sup>5</sup>k<sub>1</sub>)。基坑设计土层参数表如下:

表1: 岩土力学参数表

岩土名称	揭露厚度 (m)	天然重度 γ (kN/m <sup>3</sup> )	粘聚力c (kPa)	内摩擦角 φ (度)	岩土体与锚固体极限粘结强度标准值 q <sub>sik</sub> (kPa)
1-1杂填土	0.50~7.50	18.0	-	-	20
1-2素填土	0.80~4.30	18.0	10	12	20
2-1淤泥质土	2.00~3.80	18.5	10	5	18
2-2含砂粉质黏土	2.70~9.50	18.0	20	14	50
2-3含黏土中砂	1.20~4.60	18.0	4	25	55
2-4砾砂	1.40~5.90	18.5	-	30	80
3砾质黏性土	2.00~21.30	18.5	25	23	70
4-1全风化花岗岩	1.10~14.70	20.0	30	28	90
4-2-a强风化花岗岩	0.80~29.80	21.0	35	32	150
4-2-b块状强风化花岗岩	0.50~28.10	21.0	-	-	260
4-3中风化花岗岩	0.80~20.30	25.0	-	-	800
4-4微风化花岗岩	1.00~11.00	26.0	-	-	1500

### (二) 水文地质条件

场地地表水系不发育,雨季时,雨水顺地势由高往低处径流。拟建场地的中上部第四系土层含孔隙潜水,下部基岩含裂隙水。地下水位总体上埋藏深度较浅。孔隙潜水主要赋存于人工填土层、含黏土中砂、砾砂层中。基岩裂隙水分布很不均匀,与岩体的节理裂隙发育程度密切相关,主要赋存于强、中风化岩层中。勘察期间地下水稳定水位埋深为0.20~5.40m,地下水受大气降水及河水侧向补给影响而呈动态变化,地下水季节变化幅度1~2m。

## 三、基坑支护设计重难点分析

(1) 基坑开挖深度较大,平面尺寸大。本项目基坑面积约86600平方米,基坑开挖最大深度约9.0~18.0米。根据《深圳市基坑支护技术规范》(SJG05-2020),基坑支护安全等级为一~二级。

(2) 基坑周边环境复杂,需严格控制基坑变形。北侧有学校及住宅,东侧、南侧为市政道路,路边人行道下敷设有污水、电信、给水、电力等管线。西侧为网

球场及自然山体。

(3) 场地工程地质条件复杂, 基坑开挖范围地层有填土、淤泥质土、含黏土中砂、砾砂、砾质黏性土等。

(4) 场地周边地势高差较大, 南北向高差约9米, 南北两侧存在土压力不平衡问题。

(5) 场地南侧有规划地铁线, 支护结构不可进入规划地铁范围。

#### 四、支护方案选型分析

本项目基坑开挖深度约9.0~18.0m, 地下室边线距离用地红线3m, 基坑开挖边线退地下室边线1.5m, 基坑边线距用地红线1.5m, 场地周边无放坡条件, 宜采用直立支护。北侧有学校及住宅, 南侧有规划地铁, 锚索无施工空间, 东西两侧建筑物距基坑边线较远, 有锚索施工空间, 基坑安全等级为一~二级, 可选用的支护方案有双排桩、桩锚支护、支撑+排桩, 因基坑边线距离用地红线仅1.5m, 空间有限, 双排桩无施工空间, 故本项目支护方案考虑桩锚及桩撑方案。

##### (一) 盆式开挖+中心岛支撑方案

本项目基坑长约320m, 宽约330m, 基坑面积超大, 适合盆式开挖+中心岛支撑方案<sup>[2-5]</sup>。该方案是先挖除基坑中间部分的土方, 基坑四周的土方预留作为反压土台。基坑施工过程中, 预留反压土台对支护结构有支撑作用。盆式开挖能在支护结构不完善的情况下, 保证支护结构的安全性, 有效控制基坑变形, 保护周边环境。待基坑中间土方挖至基坑底, 先行施工中间底板及地下室结构, 最后利用中间已施工的地下室结构作为内支撑, 挖除四周预留土台。基坑中间采用顺作法施工, 基坑四周预留土台区域采用逆作法施工。

盆式开挖+中心岛支撑方案在基坑中间设置大开口, 通过设置放坡, 施工车辆及机器可以下至坑内, 施工效率高, 节省工期及造价。中间先行施工的永久地下结构楼板代替临时支撑, 省去大量砼支撑安装及拆除, 工艺绿色环保, 能节省投资。但该方案预留土台区域预留土方约20万方, 土方量大, 且中心部分主体地下室已施工, 土方需集中外运, 项目位于闹市区, 周边有学校, 居民楼, 人流及车流量大, 出土难度大。基坑四周土台区域逆作法施工, 逆作区域结构和基坑同时施工, 因结构设计滞后, 采用这种方案实施困难<sup>[6]</sup>。

##### (二) 桩撑+桩锚方案

场地南北两侧因周边环境限制, 基坑支护需设置支撑, 内支撑采用混凝土结构, 刚度大, 能有效控制基坑变形, 适用于基坑周边变形敏感区段。本项目支撑方案有以下两种: 大角撑和对撑+角撑, 东西两侧角撑之间采用桩锚支护, 平面布置示意图如下:

大角撑方案基坑支护以支撑为主, 支撑分片设置, 可根据不同分区采用不同支撑道数。支撑方案段长约1050米, 桩锚支护段长约150米。北侧大角撑的最大长度约210m, 南侧角撑的最大长度约165m, 设置支撑面积约3.6万平方米, 约占基坑面积的40%。北侧角撑两边最大高差约3米, 一侧悬空较大。本方案设置支撑区段长, 内支撑面积大。

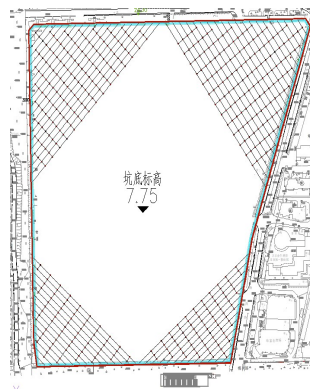


图2: 大角撑平面图布置图

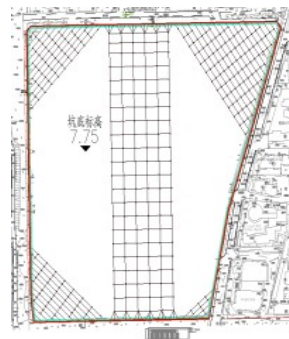


图3: 对撑+角撑平面布置图

对撑+角撑方案, 能减小角撑的范围及跨度, 但中间对撑的跨度大, 长度约325m。本方案支撑方案段长约880米, 桩锚支护段长约320米, 设置支撑面积约4.1万平方米, 约占基坑面积的47%。基坑南北高差约9米, 北侧对撑位置上部桩悬臂较高, 变形大。本方案基坑北侧对撑位置变形大, 不宜采用。

以上两种方案大面积使用内支撑, 内支撑浇筑完成必须具备一定强度基坑方能往下开挖, 需占用一定的工期, 工期对施工非常宝贵。大面积内支撑的存在对大规模机械化开挖不利, 影响出土效率。内支撑影响工程桩施工, 桩基施工需在基坑开挖前在现状地面完成, 管桩送桩长度大, 灌注桩空桩比较长。支撑的长度大, 支撑压缩变形大, 且温差引起的支撑轴力和变形增量不容忽视<sup>[7]</sup>。大跨度的支撑拆除风险较高。

##### (三) 抛撑+桩锚方案

基坑南北两侧设置以抛撑<sup>[8-10]</sup>为主的支护方案, 东西两侧采用桩锚方案, 本方案尽可能减小支撑范围, 增加桩锚支护范围, 为大型设备进入场地内施工提供便利, 施工速度和出土速度快, 并且节省造价。抛撑方案平面布置图如下:

项目北侧地势最高, 基坑深度11.3~18.0m, 基坑深度由西18.0米逐渐降至东侧11.3米。西北角最高位置及东北角局部采用角撑方案, 中间采用抛撑方案, 采用抛撑段基坑深度11.3~17.2m, 根据基坑深度及地层情况设置一~二道斜抛撑, 为减小土压力, 上部有空间及条件允许情况下放坡。抛撑底座同主体底板一起浇筑, 底板提供支反力, 抛撑采用 $\Phi 813/610 \delta 20$ 钢管。抛撑

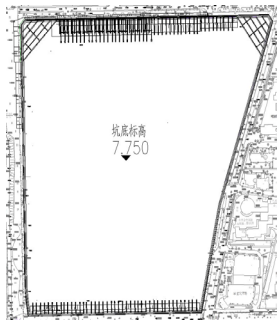


图4: 抛撑方案平面布置图

安装前为控制基坑变形, 预留土台, 土台外侧放坡, 采用土钉墙支护保证稳定性。双道抛撑上面一道较长, 约25米, 为增强稳定性, 中间设置立柱, 上下两道抛撑交错布置。抛撑一端安装活络头, 施加预应力减小土台开挖施工基坑变形。

基坑北侧存在变形敏感建筑, 学校及住宅楼, 且离基坑较近, 基坑止水方案采用咬合桩, 其他侧为市政道路, 自然山体及网球场, 采用三轴搅拌桩止水。

抛撑方案的施工顺序: 场地平整—三轴搅拌桩施工—施工灌注桩/咬合桩—开挖至冠梁底标高—施工冠梁—开挖至保留土台顶标高—施工抛撑腰梁—开挖土台外土体至坑底标高—施工地下室底板并设置抛撑支座—施工钢管抛撑—开挖土台至第二道抛撑标高—施工第二道抛撑—开挖土台至坑底标高—施工土台下地下室底板—施工地下室至负二层楼板—拆除第二道抛撑—施工地下室至负一层楼板—拆除第一道抛撑—施工完成地下室结构。

抛撑方案典型剖面示意如下:

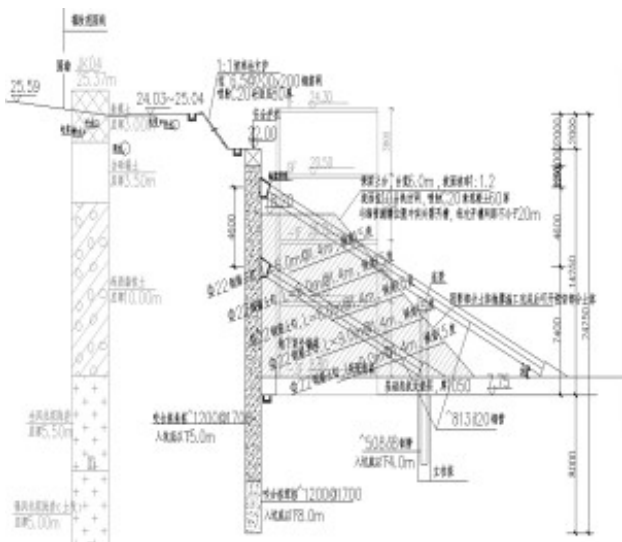


图5: 双道抛撑剖面示意图

本方案仅在南侧和北侧抛撑位置预留土台, 预留土方量约4万方土, 较盆式开挖预留土方量大大减少, 基坑内支撑布置大大减少, 不仅节省造价且为施工提供便利。

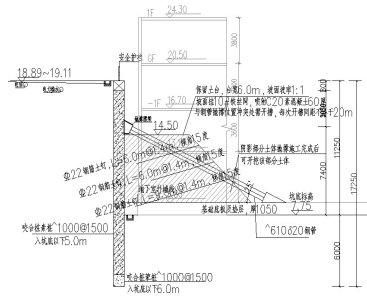


图6: 一道抛撑剖面示意图

### 五、结语

本文结合某超大深基坑案例, 对盆式开挖+中心岛支撑方案, 桩撑+桩锚及抛撑+桩锚方案进行分析, 得出以下结论:

- (1) 盆式开挖适合超大基坑, 能利用主体结构作为内支撑结构, 节省造价, 但出土困难, 结构设计方案滞后, 对采用此方案有一定影响。
- (2) 以桩撑为主的方案大面积设置内支撑, 且支撑跨度大, 对造价、工期都有较大影响。基坑面积大, 周边地形有较大高差时, 支撑一侧可能悬臂较多, 变形控制较难。
- (3) 抛撑方案能有效控制变形, 抛撑方案减小基坑支撑范围, 为大型设备进入场地内施工提供便利, 施工速度和出土速度快且节省造价。

### 参考文献

- [1] 顾问天. 城市中心超大面积深基坑支护选型研究[J]. 铁道建筑, 2017 (03): 93-97.
- [2] 李吉顺. “中心岛抛撑”式围护结构在深大基坑逆作法施工中的应用[J]. 地基基础, 2017, 39 (12): 1727-1729.
- [3] 戴斌, 谈永卫, 赵昇. “中心岛”方案在地势不平低洼区超大面积深基坑工程中的应用[J]. 土工基础, 2021 (03): 281-285.
- [4] 黄勇, 周子启, 徐超卓, 等. 紧邻敏感构筑物超深基坑中心岛集合逆作法施工技术[J]. 施工技术, 2019 (13): 7-9, 47.
- [5] 曾铁梅, 吴贤国, 李博文, 等. 城市轨道交通车站大尺寸深基坑工程中盆式开挖逆作法技术[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21 (12): 121-124, 134.
- [6] 肖淑君, 彭卫平. 某深大基坑支护设计方案选型分析[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2018 (S0): 190-196.
- [7] 金亚兵, 沈翔, 劳丽燕. 温度变化对深基坑内支撑轴力和变形的影响研究[J]. 岩土工程学报, 2021 (8): 1417-1425.
- [8] 赵园园, 左人宇, 陆钊, 等. 斜抛撑与水平撑在深基坑支护中控制变形的对比分析[J]. 路基工程, 2015 (3): 136-139.
- [9] 王全胜. 斜抛撑支护下的基坑变形特性及控制对策[J]. 城市道桥与防洪, 2017 (05): 304-307.
- [10] 单灿灿. 双道钢格构斜抛撑在深大基坑中的应用[J]. 安徽建筑, 2020 (07): 116-117.