

某高层住宅项目深基坑工程关键施工安全技术

陈 硕

上海奉贤建设发展（集团）有限公司 上海 201499

摘 要：为解决某高层住宅深基坑工程关键施工中的安全问题，本文从降水、土方开挖、围护支撑、土方回填、基坑监测等方面，对各阶段安全技术实施要点进行分析、总结。结果表明，该工程深基坑施工处于安全受控中，相关经验可为后续类似项目提供参考。

关键词：深基坑；关键施工；安全技术

引言

高层建筑的出现以及用地资源的紧张，使得两层以上的地下室应用越来越广泛，由此导致的深基坑工程安全施工问题日益突出。施工流程不规范、施工技术管理不到位是目前深基坑施工技术应用的现状问题^[1]。陈永铜^[2]等从深基坑搅拌支护技术、支护桩技术、基坑支护监测技术等方面阐述了高层建筑深基坑支护技术的应用，并从基础井、基坑降水两个方面结合具体项目进行了分析总结。梁栋^[3]等从设计审查、施工方案、安全监测、支护结构、土方开挖、降水措施等方面浅析了深基坑施工中的技术管理要点。本文以上海地区某高层住宅深基坑工程为例，对施工过程中的相关安全技术措施进行详细分析、总结与优化。

一、工程概况

本工程位于上海市奉贤区，总建筑面积92223m²，拟建4幢23~25层的住宅、以及1幢3层的社区配套服务用房等。

本项目共两层地下室，基坑形状呈倒置L形，南北向约183m，东西向约167m，周长为702m，基坑面积17733m²、开挖深度10.5m，另，地下二层局部存在集水井（深度为1.5m、3.0m）。基坑北侧：地下室外墙线到用地红线、现有市政道路边线距离分别为3.0m、20.5m，且毗邻多条市政管线；基坑东侧：地下室外墙线到用地红线4.9m，红线外目前为临时道路、建材市场，地下室外墙线到就近给水管线距离为10.9m，东侧存在两层砖混结构房屋其最近距离为23.4m（条形基础，埋深约1.5m）；基坑南侧：三倍开挖深度范围内目前为空地，无市政管线；基坑西侧：目前为拆迁后荒地，无市政管线。

地下水情况：地表存在潜水层，其水位至地表约0.3~1.5米，年均水位埋深约0.5~0.7米；高水位埋深取0.50m，低水位埋深取1.50m。经勘测，承压水水位埋深在12.00~12.14m之间，按最不利承压水头（埋深3.0m）计算，表明对基坑不会产生不利影响。

不良地质条件：拟建场地内局部存在暗浜及暗塘。暗浜宽约5~10m，暗塘长约23m、宽约15m，暗浜、暗塘深度约1.7~3.7m，主要由灰色粘性土夹黑色淤泥组成，含腐殖物，土质不均。

综合考虑本基坑的开挖深度、地质及水文条件、基坑周边环境条件等因素，确定本工程的基坑安全等级：二级，环境保护等级：三级。基坑支护形式：本基坑围护形式采用SMW工法桩止水帷幕，沿竖向设两道钢筋混凝土支撑。

根据住建部以及上海市关于危险性较大的分部分项工程安全管理的有关规定及实施细则^[4-5]，本工程属于超一定规模的危险性较大分部分项工程。

根据基坑支护工程及降水工程相关技术标准、管理办法^[6-9]，本工程在实施时采取以下措施：

二、降水

SMW工法桩止水帷幕完成后，土方开挖前，应提前15天左右，对基坑进行正式降水，直至水位降至开挖面以下1.0m。考虑到基坑开挖深度10.5m，且开挖范围内大量淤泥质粘土土体软弱、渗透性高，故采用深井降水来提高土体抗力。经计算，本基坑内需降水量约14328m³（土方含水量（颗粒水）平均值取10%），每215m²设一口井，每口井直径为15m，共计需82口疏干真空管井。

降水井在基坑开挖前施工完成，且首层土开挖前应提前三周进行预降水，以检验止水帷幕的封闭性。若止

水帷幕出现渗漏,采用注浆方式对渗漏处周边2m范围内进行堵漏。另外,为防止大到暴雨进入坑内,基坑四周预设排水明沟(距离围护体3.5m)。

开挖至基底后,根据抗浮计算结果采取分阶段封井(封井前应征得主体结构设计单位的同意)。经计算并结合上海地区工程经验及考虑施工季节水位情况,保留30口降水井兼作抗浮用(底板混凝土浇筑时预埋止水套管),直至-1F顶板完成覆土后、封闭抗浮井。

三、土方开挖

本基坑出土方量约18.9万 m^3 ,土方开挖工作量较大,且地基土为软土地基、开挖深度较深、周边场地极为狭小,故土方开挖是深基坑工程施工的关键。

(一) 开挖顺序

本基坑地下室开挖及后续施工遵循“分块、分层、对称、限时”的原则;按照支撑布置及工况要求,基坑在竖向上分为三层土,分三次开挖。第一层土方开挖至第一道支撑底,并分段制作第一道混凝土支撑、压顶梁及栈桥施工。第二层土方开挖至第二道支撑底,开挖时先开挖各区中间土方,再限时开挖两边及边坡土,随后及时施工支撑,分块之间二级放坡留土,坡度按照不小于1:1.5,两次开挖深度分别为2.5m和2m,平台宽度为5m,流水作业,每次分块开挖后限时7天内完成支撑施工。第三层土方开挖至基坑底。考虑到整个基坑的稳定性,底板按后浇带位置划分为9个大区分批次先后施工。电梯井及集水坑开挖时,待坑内土体加固完成、且达到设计要求强度时,进行放坡开挖,临时放坡按照不小于1:1.5。第二、三层土方开挖前,尚须经施工单位、监理和有关监督部门进行开挖条件验收。

(二) 开挖注意事项

土方开挖应在降水、坑内加固达到设计要求后进行,施工应遵循“先撑后挖、分层开挖、开槽支撑、严禁超挖”的原则。

土方开挖分块之间的土层高差不超过3.0m,边坡不得陡于1:1.5。为减少出土压力,又不影响各分区基坑施工速度,根据各基坑分阶段先后施工的特殊情况,挖土主要依靠基坑内环通的支撑栈桥。基坑施工,应尽可能减少无支撑下的基坑暴露时间,必要时留土护壁、局部跳挖,以控制基坑变形。基坑施工全过程进行信息化监测,制定基坑应急预案,储备应急物资。

成品保护。注意混凝土支撑保护,支撑上行走车辆,两侧用土方垫高500mm再铺设走道板。注意降水井

保护,降水井0.5米范围内土方开挖时专人指挥,分层开挖与人工清理相互配合。注意围护体保护,土方挖至四周时必须由人工挖除围护墙边土方,严禁挖机代挖现象。注意工程桩、立柱桩保护,开挖前标明试桩和立柱位置,专人指挥,桩周边500mm范围内人工清除,挖除底板时留300mm人工清土,严禁挖机在工程桩上行走,无法避免时铺设走道板。

四、围护支撑

首层土方开挖完成前安装4台塔吊,回转半径为60m,为基坑支撑施工提供材料的水平和垂直运输。

(一) 换撑

后浇带内局部设置型钢作转换支撑用。底板四周采用素砼换撑,厚度及混凝土强度等级按照设计要求,浇筑至工法桩边。中板四周采用钢筋混凝土换撑,混凝土强度等级同楼板。

(二) 支撑拆除

地下室混凝土结构的施工应与混凝土支撑拆除交替进行。本工程设置两道围护支撑,底板混凝土强度达到设计要求后拆除第二道支撑,地下二层顶板混凝土强度达到设计要求后拆除第一道支撑(含栈桥)。将地下室各层结构的施工按后浇带及施工缝位置采取分块先后施工,并对拆撑流程和顶板施工顺序进行合理规划。根据进度安排,支撑拆除时分段进行,顶板施工阶段保留部分栈桥作为泵车等机械设备停放区。

基坑内支撑由钢筋混凝土支撑及钢格构柱立柱组成。两道支撑全部采用切割拆除,拆除过程中先断开支撑与围檩和压顶梁的连接。支撑拆除采用机械切割的方式,待结构楼板达到设计强度要求后拆除相应的支撑。施工步骤为:搭设钢马凳→切割放样→水钻拔钢筋→绳锯切割→气割钢筋→叉车倒运→吊运装车→外运。以“先撑后拆、对称同步拆除”为原则,由下至上进行拆除施工。拆除支撑时为避免荷载突然增加对结构造成破坏,在平面上按照对称原则最先断开拆除区与腰梁相连接、拆除区与暂未拆除区相连接的支撑梁,以消除支撑体系的应力,然后按照对称、分段的原则逐步进行拆除,主次梁之间,先拆次梁然后拆主梁;如遇支撑现浇板,先拆除现浇板,然后拆次梁,再拆主梁;拆除主梁时应从梁的中部向两边的支座方向进行拆除,每道支撑拆除前均在支撑梁底搭设支架,本工程支撑采用绳锯切割施工工艺,切割刀口为反八字型,以防止切割后支撑下沉。支撑柱在支撑梁板拆除后即开始拆除。

五、土方回填

土方回填在主体结构及其防水层施工完成后进行，且混凝土强度应满足设计要求。回填料土质应新鲜、无污染，且无腐植土或淤泥质土、建筑垃圾等。施工前应根据压实度要求确定各类回填料的最佳含水量。土方回填按照同步、均匀、对称的原则进行。

考虑到地下室外墙至围护桩之间净距离普遍在0.8~1米，且基底深度超过9米，机械、人工夯实难度大，无法按设计要求保证回填土密实。且因中板传力带（板面标高-5.850m）与地下室外墙浇筑在一起，中板传力带钢筋伸入地下室外墙，如地下二层地下室外墙外回填土无法密实，将导致中板传力带成为悬臂构件并承担上部5~6米覆土荷载及地表荷载，可能导致地下室外墙受力开裂等情形。

故，经报有关单位批准后，本工程采用优化后的回土方案：

1）地下二层：采用级配砂石回填，现场采用一台装卸铲车向槽边转砂，人工使用胶轮车进行回填。局部回填空间狭窄、人员无法进入的区域，拟采用水夯法进行夯实。

2）地下一层：采用基坑挖出的素土回填，采用土方车运送至基坑边，均匀填入坑内，再用蛙式打夯机分层

打夯回填。回填施工应按规范要求分层压实、分层检测密实度；每层厚度应均匀且压实后厚度为250mm，每层填土的压实度不小于93%。回填采用分层搭接，施工缝错开搭接，搭接宽度不小于1m，分层搭接时边坡不得小于1:1。

六、基坑监测^{[10][11]}

（一）加强现场巡检

日常巡检过程中，如发现下述异常情况，应及时向有关单位汇报。

支护结构：围护墙、支撑、立柱变化情况；冠梁、围檩、支撑裂缝开展情况；围护墙体开裂及渗漏情况；墙后土体裂缝及沉陷情况。

施工工况：土质条件与勘察报告的一致性；地表水及地下水排放状况，基坑降水及回灌设备的运转情况；基坑分段开挖长度、开挖深度及支撑架设情况；基坑周边地面是否有超载。

周边环境：周边建筑倾斜、开裂、裂缝发展情况；周边管道的破损、渗漏情况；周边道路的开裂、沉陷情况。

（二）关注基坑监测报告

当基坑监测的变形达到下述限值时，应该立即上报建设单位、监理单位以及设计单位，并采取应急措施。

监测项目	报警值		备注
	累计值	速率	
围护墙顶部（坡顶）竖向、水平位移	≥40mm	>3mm/d（连续3天）	
深层水平位移（测斜）	≥40mm	>3mm/d（连续3天）	
基坑周边道路竖向位移	≥20mm	>3mm/d（连续3天）	
坑外地下水位	≥1000mm	>300mm/d（连续3天）	
管线竖向位移	≥10mm（硬管） ≥20mm（软管）	>2mm/d（连续3天）（硬管） >2mm/d（连续3天）（软管）	
立柱竖向位移	≥50mm	>5mm/d（连续3天）	
支撑轴力	设计控制值的80%		

结论

对降水、土方开挖、地下结构与围檩支撑施工、土方回填等关键施工采取有效的安全技术措施并加强基坑监测预警，是保证深基坑工程施工的关键。项目实践表明，本工程深基坑施工始终处于安全受控中，且本项目已建设投入使用2年，未见对周边建筑环境造成不利影响。总结的相关技术措施具有较高的安全性和经济性。

参考文献

- [1] 陈广. 建筑工程深基坑施工技术管理措施研究[J]. 城市建设理论研究, 2024, (33): 109-111.
- [2] 陈永铜. 探讨高层建筑深基坑施工技术[J]. 大科技, 2022, (32): 163-165.
- [3] 梁栋. 建筑工程深基坑施工技术管理要点分析[J]. 大众标准化, 2024, (20): 42-44.

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住房和城乡建设部令第37号).

[5] 上海市住房和城乡建设管理委员会.《上海市建设工程危险性较大的分部分项工程安全管理实施细则》(沪住建规范[2019]6号).

[6] 上海市住房和城乡建设管理委员会.《基坑工程技术标准》(DG/TJ 08-61-2018) [S]. 同济大学出版社, 2018.

[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部.《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-2012) [S]. 中国建筑工业出版社, 2012.

[8] 上海市住房和城乡建设管理委员会.《上海市基坑工程管理办法》(沪住建规范[2019]4号).

[9] 上海市住房和城乡建设管理委员会.《上海市建设工程基坑降水管理规定》(沪建管[2015]946号).

[10] 上海市住房和城乡建设管理委员会.《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ 08-2001-2016) [S]. 同济大学出版社, 2016.

[11] 中华人民共和国住房和城乡建设部.《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497-2019) [S]. 中国计划出版社, 2019.