

复杂周边环境深基坑支护设计及监测探讨

胡金平

江西赣南地质矿产集团有限公司

摘要：为避免由于深基坑工程施工区域周边建筑密集、地下管线众多等各种复杂环境因素影响，防止基坑开挖威胁周边建筑和地下管线安全，本文通过分析某项目基坑支护设计与监测，对复杂环境下深基坑支护及监测进行了分析并提出相应的解决方法。结果表明，该项目采用的支护结构形式合理，既满足了安全要求又节省了成本；监测数据证明了支护方案的可靠性，为今后类似工程提供了参考价值。

关键词：复杂周边环境；深基坑；支护设计；监测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.027

引言

在复杂周边环境条件下，如何确保深基坑工程的稳定性和安全性，成为土木工程领域亟待解决的关键问题。深基坑支护技术是指在地下室、地铁车站等地下空间施工过程中，为确保土方开挖的稳定性和安全性，采取的临时性或永久性的支护措施，常见的支护结构类型包括钢板桩、地下连续墙、排桩、土钉墙、锚杆、重力式水泥土墙等，这些支护结构的设计和施工需要充分考虑地质条件、开挖深度、周边环境等因素^[1]。周边环境对深基坑支护设计的影响是多方面的，主要包括邻近建筑物的结构特点、地下管线分布、道路交通状况等，这些因素的存在不仅会对支护结构的选择和设计产生影响，还会对施工过程中支护结构的稳定性和安全性提出更高的要求^[2]。支护结构设计是确保深基坑稳定性的关键环节，设计过程中需要综合考虑地质条件、开挖深度、周边环境等因素，确保支护结构具有足够的承载能力、变形控制能力以及耐久性。同时，支护结构设计还

需要遵循一定的设计原则和方法，如极限平衡法、有限元法等。监测技术是评估深基坑开挖过程中支护结构性能和安全状况的重要手段，常见的监测内容包括支护结构的变形、位移、应力应变等参数^[3]。本文结合施工案例，对支护方案、监测技术与方法进行梳理和评价，提出适用于复杂周边环境的支护方案和监测方案。

一、工程概况

某项目总用地面积为60315.84m²，基坑开挖深度约16.8m。场地原地面标高在-2.2~+1.9m之间，地下水位标高约-2.4m，根据工程地质勘察结果显示，场地内分布有人工新近杂填土层、第四系全新统粉质黏土和细砂、白垩系强风化泥岩。场地浅部3~5m范围内主要为杂填土，承载力及抗剪强度低，且与周围建筑物的基础多有重叠，存在安全隐患。由于杂填土层整体上承载力及抗剪强度较低，在施工过程中可能会对周边建筑物地面沉降造成影响，同时也难以保证基坑支护结构的稳定性。此外，基坑施工期间地下水位变化幅度较大，且邻近的自来水管、天然气管道等重要地下管线分布密集，一旦发生漏水或漏气现象将严重威胁到居民的正常生活。基于上述情况，结合场地周边复杂的环境条件，以及基坑施工对邻近建筑物和管线所产生的不利影响，必须采取有效措施来保证基坑的施工安全。为此，通过认真分析现场实际情况，制定了相应的支护方案，并通过对基坑位移进行监测的方式来检验支护效果。

二、场地地质及水文条件

根据现场勘查资料，场地土的物理力学性质见表1。

表1 场地土的物理力学性质

土层编号	含水量 (%)	天然密度 (g/cm ³)	直剪粘聚力 (kPa)	直剪内摩擦角 (°)
①杂填土	25.0	1.80	11.0	13.0
②粉质黏土	28.5	1.90	25.0	15.0
③细砂	32.0	1.95	-	26.0
④强风化泥岩	35.5	2.00	50.0	30.0

根据现场勘查资料可以了解到：①基坑边边坡土体主要为杂填土及粉质黏土、细砂；②场地内地下水丰富，地下水位埋深小，局部区域下伏基岩裂隙水。③由于地下水丰富且具有微承压性特征，基坑开挖深度不宜太大；④考虑到项目地处闹市区，基坑施工需尽量减小对周边建筑物、管线等环境的影响，基坑支护方案应采取合适的支护结构形式，以提高基坑稳定性，防止变形过大，保证周边建筑物和管线安全。⑤此外，基于该工程所处位置处于城区繁华路段，交通繁忙，车流量较大，因此需要将项目分为东西两个部分进行分期实施。为了满足工期要求，必须尽早开工并在短时间内完成基坑的开挖工作，以便后续工作能够顺利开展，结合上述条件，需要选择合适的支护方案。在本工程中，设计采用了“局部挖除换填”的方法来处理这一难题，即先从最东侧开始开挖，待西侧基坑开挖完毕后再对其进行回填压实，然后再开挖东侧基坑，如此反复循环直至全部完成。这种方法不仅能够有效控制基坑变形，还能减少基坑开挖对周边环境造成的不良影响。

三、基坑支护设计

基坑西侧毗邻已有建筑地下工程，基坑东侧为已建建筑，距离最近的建筑物约20m；场地南侧临近市政道路，北侧、西侧均为高层建筑。

为保证基坑的安全，在设计中充分考虑了施工现场的环境特点及地层条件，将基坑分为两个部分：分别为南侧基坑与北侧基坑。其中南侧基坑长30.6m，宽30.6m，深16.8m；北侧基坑长12.6m，宽14.2m，深16.8m。支护结构安全等级为一级。基坑底部主要为粉质黏土夹细砂层，土质较差，地下水位较高，土体干燥系数较低，在综合考虑施工工艺、经济性、工期等因素的基础上，根据《建筑基坑支护技术规范》（JGJ120-

2012）要求，该项目支护结构采用支护桩+锚索+止水帷幕+混凝土支撑组合形式，支护桩桩长32m、桩身混凝土强度C30、桩径0.80m、桩中心间距1.10m，锚索规格为3s15.2（1X7）、长度15-20m、倾角20°，锚固段9.5-13.5m，锚固体直径150mm，止水帷幕采用直径600mm高压旋喷桩、桩中心距350mm、搭接宽度250mm，基坑转角部位设置混凝土内支撑，以抵抗围护结构产生的水平位移及地下水作用。

四、基坑监测方案

为保证基坑的安全性和施工进度，项目制定了详细的变形监测方案，该方案主要包括基坑及支护桩水平位移、垂直位移、周边环境变形监测，锚索轴力监测、混凝土内支撑轴力及强度监测等3部分内容。

（一）基坑变形监测

在基坑内及周边共设置6个监测点，用来监测周围地面沉降、相邻建筑或地下管线的位移、基础底面及坑底水平位移以及地下水位变化情况^[4]。其中，距基坑边5m范围内，采用分层开挖法，每层开挖深度30cm，累计开挖深度为8m；距基坑边10~20m范围内，采用同向对称开挖法，每层开挖深度不超过25cm，累计开挖深度为7.5m。在开挖过程中，根据监测结果对基坑的开挖速度进行调整，确保稳定后再继续下一层的开挖，基坑支护验收后监测数据汇总见下表2。

（二）锚索轴力监测

利用悬臂式或附着式锚索上的应变计测定锚索拉力，主要是通过现场测量得到锚杆内力，并与理论计算值比较，从而判断支护结构的稳定性^[5]。分别对悬臂式锚杆、附着式锚杆进行监测，差值在合理范围内，最终监测结果显示实测锚索最小拉力值能满足拉力设计值，抗拉支护结构状态稳定，见下表3。

表2 深基坑内部及周边环境监测点设置及监测数据

监测点编号	监测内容	监测仪器	初始值	最终值	变化量	警戒值	状态
MP1	坑顶竖向位移	水准仪	0.0mm	2.3mm	2.3mm	10mm	正常
MP2	坑顶水平位移	全站仪	0.0mm	7.2mm	7.2mm	20mm	正常
MP3	周围地面沉降	水准仪	0.5mm	3.5mm	3.0mm	25mm	正常
MP4	相邻建筑位移	全站仪	0.0mm	1.0mm	1.0mm	2.0mm	正常
MP5	地下管线位移	激光测距	0.0mm	0.5mm	0.5mm	10mm	正常
MP6	地下水位变化	水位计	-2.4m	-2.2m	200mm	500mm	正常

表 3 锚索拉力测定与支护结构稳定性分析数据

监测点编号	监测内容	监测仪器	最小实测值 (kN)	设计值 (kN)	最小实测值 / 设计值	警戒值	支护结构状态
F1	拉力	应变计	255	260	98.1%	90%	稳定
F1	拉力	应变计	257	260	98.8%	90%	稳定
F1	拉力	应变计	251	260	96.5%	90%	稳定
F1	拉力	应变计	249	260	95.8%	90%	稳定
F1	拉力	应变计	253	260	97.3%	90%	稳定

表 4 钢筋混凝土支撑轴力监测数据

监测点编号	监测内容	监测仪器	最大实测值 (kN)	设计值 (kN)	最大实测值 / 设计值	警戒值	支护结构状态
ST1	轴力	应变计	955	1200	79.6%	80%	正常
ST2	轴力	应变计	926	1200	77.2%	80%	正常
ST3	轴力	应变计	930	1200	77.5%	80%	正常
ST4	轴力	应变计	952	1200	79.3%	80%	正常

(三) 混凝土内支撑轴力及强度监测

通过埋在混凝土支撑中的应变计监测混凝土支撑轴力^[6]。分别设置4个监测点，监测其支撑轴力，最终监测结果显示实测支撑轴力小于设计值，支护结构状态正常，见表4。

(四) 建议

为了提高监测精度，需要控制好测量仪器的安装位置，并确保测量系统处于一个最优的状态，在本次监测中，通过使用加速度传感器作为基准，来补偿因建筑物等影响而产生的误差；此外还可以采用位移计进行监测，这种方法适用于有明显变形或活动的结构体。由于本工程所处的环境复杂，并且多雨潮湿，因此应尽量避免在潮湿的环境下进行测量。通过以上几种监测方法结合起来，能更准确地反映基坑的安全状况，为进一步优化支护措施提供依据。

五、结束语

通过对本项目的设计方案与监测数据分析，可以得出以下结论：（1）在该基坑开挖过程中，施工单位严格按照设计要求进行操作，未发生地表沉降、周边建筑物开裂等现象，说明设计方案科学合理，支护效果好。（2）采用支护桩+锚索+止水帷幕+混凝土支撑组合是一种有效、经济的基坑支护方法，具有抗变形能力强、整体性好、适应变形范围大、安装方便、节约成本等优点。（3）对于复杂的周边环境，应结合实际情况

确定合理的支护方案，同时施工过程中要加强监测，及时发现问题并采取有效措施，保证工程的顺利进行。

（4）该工程监测结果表明，整个基坑工程处于安全稳定状态，施工期间地表变形及周边建筑物沉降均在允许范围内，说明监测结果可靠，为后续类似基坑提供了宝贵经验。（5）本文介绍的基坑综合监测方案，可供类似地区其他基坑参考借鉴，具有一定的参考价值。

参考文献

[1] 戚爱玲. 复杂周边环境深基坑支护结构设计及监测探究[J]. 化工管理, 2021 (6): 174-175, 178.
 [2] 胡琦, 张逸, 方华建, 等. 周边环境复杂的深基坑工程支护设计和位移监测[J]. 建筑施工, 2020, 42 (2): 149-151.
 [3] 陈飞, 黄晓琴. 极复杂周边环境的深基坑支护设计与施工[J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2007, 34 (z1): 219-221.
 [4] 林雪梅. 周边复杂环境下软土异形深基坑支护优化设计[J]. 福建建筑, 2018 (5): 45-48.
 [5] 官鹤, 熊智彪, 宋世豪, 等. 复杂周边环境深基坑支护结构设计及监测分析[J]. 地下空间与工程学报, 2015, 11 (3): 732-738.
 [6] 薛庭, 张志权, 曹永春. 常州某复杂周边环境下的深基坑工程支护设计[J]. 建筑工程技术与设计, 2019 (16): 947.