

深基坑工程岩土工程勘察的重点及对支护施工的影响研究

马文君¹ 李红波²

1. 江西赣南地质矿产集团有限公司 江西赣州 341000

2. 江西应用技术职业学院 江西赣州 341000

摘 要: 在城市化进程加速背景下, 深基坑工程因地质条件复杂, 其岩土工程勘察对支护施工的影响十分关键。本文从判定土层结构、识别地下水位、分析软弱夹层特性这三个勘察重点出发, 深入探讨各要点对支护施工各方面的影响, 同时提出了“精细划分土层界面匹配支护结构”“共享勘察数据动态调整施工参数”“前移变形监测节点预控基坑风险演化”等协同优化策略, 旨在为衔接深基坑工程中岩土工程勘察与支护施工提供理论支撑。

关键词: 深基坑; 岩土工程勘察; 支护施工

1 深基坑工程岩土工程勘察的重点

1.1 土层结构

精准判定土层结构是深基坑工程岩土工程勘察的主要任务之一, 其能够揭示地层分布、土层物理力学性质。深基坑工程中, 勘察人员需利用钻探、静力触探等手段, 逐层记录土层的岩性、密实度、颗粒级配这几个参数, 着重关注软弱夹层、透镜体等特殊地质体的分布位置^[1]。与此同时, 还要结合区域地质资料分析土层成因类型, 判断其在基坑开挖深度范围内的力学性质差异, 为支护结构选型设计提供基础地质模型。另外, 勘察人员需准确划分岩土层分界面, 避免因分层误差导致支护结构计算参数取值偏差, 影响基坑支护的安全性。

1.2 地下水位

识别地下水位是确定降水方案, 还有计算水压力荷载的依据, 会影响支护结构的抗浮稳定性。勘察人员在识别地下水位时, 应掌握基坑范围内潜水、承压水的水位埋深及其动态变化规律。勘察中要布置水位观测孔, 长期监测不同季节水位波动情况, 以此明确地下水对基坑开挖的影响程度。对于存在承压水的地层, 勘察人员需准确测定其水头高度, 评估突涌风险; 同时分析地下水的补给、迳流、排泄条件, 判断降水措施的可行性。而且, 还要检测地下水的腐蚀性, 避免对支护结构材料造成侵蚀。

1.3 软弱夹层

软弱夹层常常埋藏在主层土体之间, 其工程性质远弱于周围土层, 勘察中必须予以重点分析。这类夹层一般具有

强度低、压缩性大且抗剪能力差的特征, 在开挖基坑期间极易成为滑移或者变形的主控面, 从而对支护结构的稳定性造成威胁。勘察时, 勘察人员应结合钻探取样、剪切试验, 还有原位测试, 确定其分布范围及工程性质参数, 判断是否会成为潜在滑动面或渗流通道。同时, 软弱夹层还可能影响锚杆、支撑等支护元件发挥作用, 降低支护的整体稳定性。另外, 在受水浸泡或者长时间荷载作用下, 软弱夹层还容易发生蠕变和流变, 进而导致支护结构失稳, 围护墙体出现不均匀变形。因此, 在勘察过程中准确识别软弱夹层并展开详细工程评价, 是保障基坑设计合理的一大前提。

2 深基坑工程岩土工程勘察对支护施工的影响

土层结构的勘察数据会决定支护结构形式, 若土层软弱且分层复杂, 施工人员需用刚度大的排桩或地下连续墙支护, 反之可选用土钉墙等柔性支护。同时, 其物理力学参数会影响侧压力计算, 参数偏差将导致支护结构承载力设计不足或材料浪费。而地下水位勘察则影响降水方案, 还有支护结构水压力荷载, 施工人员若没有正确掌握水位的动态变化, 可能引发基坑突涌, 或者支护结构因水压力骤增而失稳, 且地下水腐蚀性影响支护结构材料选型^[2]。再者, 软弱夹层的位置及其力学特性会决定支护结构的加强部位, 如果夹层位于坑底或被动区, 施工人员就需增加支护结构插入深度, 或者采取地基加固措施, 否则易引发沿夹层滑动破坏, 影响到基坑的整体稳定性(见下图)。

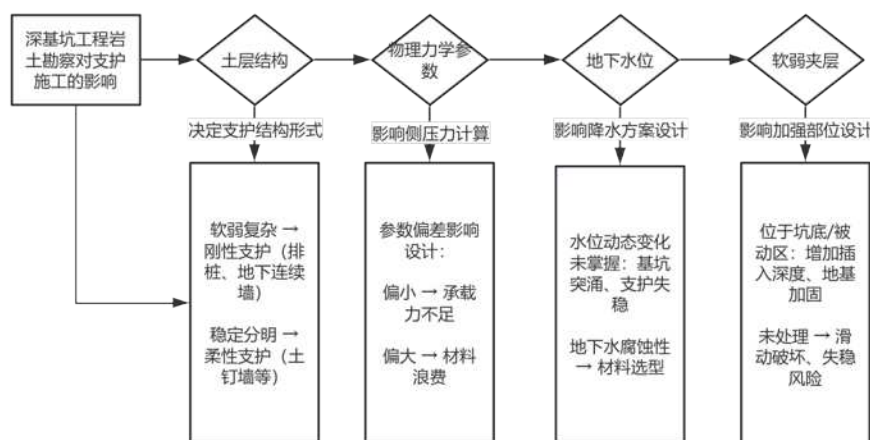


图1 深基坑工程岩土工程勘察对支护施工的影响

3 深基坑工程岩土工程勘察及支护施工协同优化的策略

3.1 精细划分土层界面，准确匹配支护结构

在深基坑工程中，复杂地质条件下土层变化频繁，常存在软硬交错、夹层不连续，甚至倾斜断裂等问题。依据《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001），各项工程建设在设计 and 施工之前，必须按基本建设程序勘察岩土工程，需正确反映工程地质条件，查明不良地质作用和地质灾害^[3]。若施工人员粗略划分土层界面，将导致支护结构作用区域与土体实际受力状态不符，从而诱发局部失稳、沉降过大或支护失效。施工人员应当依托岩土工程勘察获取的钻孔数据、静力触探曲线，还有原位测试结果，建立土层模型，逐米分析土层界面的空间变化趋势。并结合深基坑的开挖深度，把支护结构划分为若干区段，每个区段根据对应土层界面的特性匹配支护形式。

例如，在商业综合体深基坑工程中，若其开挖深度12m，场地土层自上而下依次为4m厚杂填土、6m厚粉质黏土、2m厚粉砂层及中风化基岩。施工人员要先展开岩土工程勘察，用钻孔取芯与标准贯入试验，当发现粉质黏土层与粉砂层界面处存在0.5m厚的淤泥质土夹层，且该夹层含水率达45%，十字板抗剪强度仅12kPa。由此，在支护结构设计中，施工人员便可将基坑周边划分为三个区段：杂填土与粉质黏土层段采用直径800mm的钻孔灌注桩支护，桩间距1.5m，嵌入中风化基岩1.5m；针对粉质黏土层与粉砂层界面的淤泥质土夹层区段，则增大灌注桩直径到1000mm，桩间距调整为1.2m，并在夹层位置增设一道预应力锚索，长度是25m，锚固段位于中风化基岩内8m；粉砂层与基岩接触段可用地下连续墙支护，墙厚600mm，深度贯穿粉砂层

进入基岩2m。在细划分土层界面期间，施工人员能够准确捕捉到淤泥质土夹层这一薄弱环节，并利用增大桩径、加密桩间距来提高支护结构的抗侧移能力。同时，预应力锚索可大大抑制夹层可能引发的滑动趋势，而在粉砂层段应用地下连续墙则是充分考虑砂土的渗透性，使支护结构的受力分布能够匹配上土层界面的工程特性。

3.2 同步共享勘察数据，动态调整施工参数

深基坑岩土工程勘察数据具有动态变化的特性，不同施工阶段的土体应力状态，还有水文条件会随时发生变化，只依靠前期勘察成果很难反映现场的实际情况，因此同步共享勘察数据是施工人员控制支护施工的必要条件。而且，共享勘察数据还能让施工人员及时掌握土层性质的细微变化，诸如一些开挖期间的土层含水率、密实度和勘察报告相比有差异，或地下水因降水措施而产生的波动，这些信息如果没有及时传递，很可能导致支护施工参数与实际工况脱节，由此引发支护结构受力超限或者降水效果不足等问题。因此，施工人员的实践思路应建立在“勘察”与“施工”的双向信息交互上，积极利用数字化管理平台，集中分析勘察获取到的钻孔数据、原位测试结果，还有施工过程中的监测数据，并根据实时反馈的土层参数偏离值，调整支护施工的关键参数。

举例而言，在地铁车站深基坑工程当中，施工人员预计开挖深度18m，场地土层以粉土与砂卵石层为主，勘察阶段显示其地下水位埋深3m，便设计用排桩加内支撑支护体系，降水方案为管井井点降水。在施工到第10m深度时，若勘察人员经现场钻孔取芯发现局部粉土层中存在透镜体状的细砂层，且细砂层渗透系数达15m/d，远超周边粉土层的0.5m/

d, 同时水位监测显示此区域地下水位下降速率较设计值慢 20%。施工人员可立即运用 BIM 协同平台获取更新的勘察数据, 重新计算该区域的水压力分布。依据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-2012) 对不同土层条件下基坑水压力计算及降水参数调整的相关要求, 将原设计的 $\Phi 600\text{mm}$ 管井调整为 $\Phi 800\text{mm}$, 井间距由 15m 缩小至 10m, 并在细砂层位置增设轻型井点辅助降水。而针对排桩施工参数, 由于细砂层的存在会导致土体侧压力增大, 施工人员可把该区域

排桩的混凝土强度等级由 C30 提高到 C35, 内支撑的间距从 3m 调整为 2.5m, 更换支撑材料为 Q390 高强度钢材(如图 2)。如此一来, 经过同步共享勘察数据, 施工人员可及时发现细砂层透镜体这一隐蔽地质体, 并利用渗透系数的实测数据优化降水参数, 增大管井直径、缩小间距, 以提高抽水效率, 抑制砂层中的承压水对基坑的突涌风险。而提高排桩混凝土强度并调整内支撑参数, 则可以增强支护结构抵抗局部增大的侧压力。

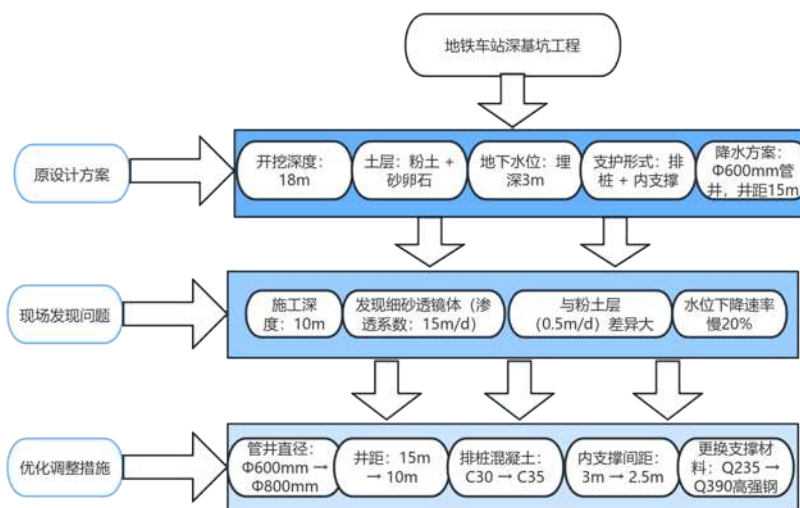


图 2 地铁车站深基坑工程调整支护设计

3.3 前移支护变形监测, 预控基坑风险演化

一方面, 深基坑支护结构的变形具有累积性, 一旦变形量超过临界值就会引发连锁破坏, 但以往的监测模式因滞后于实际变形发展很难做到及时预警, 因此前移支护变形监测是主动防控基坑风险的一大手段^[4]。另一方面, 在开挖支护结构期间, 受土体卸荷、地下水渗流等因素影响, 其变形会随时间而变化, 若监测工作没有在施工初期介入, 也同样可能错过变形发展的关键拐点, 导致风险识别滞后。施工人员应当在基坑设计阶段, 依据岩土工程勘察出的土层分布、地下水条件, 还有支护结构受力特征, 确定变形敏感区域。

以高层建筑深基坑工程为例, 若其开挖深度 16m, 场地土层为 5m 厚填土、8m 厚淤泥质黏土及中风化岩层, 支护形式要使用钻孔灌注桩结合三轴水泥土搅拌桩止水帷幕。在支护结构施工阶段, 施工人员可根据岩土工程勘察报告中淤泥质黏土层高压缩性、低抗剪强度的特性, 在基坑周边每 20m 设置一个深层水平位移监测点, 并在灌注桩内预埋测斜管到中风化岩层, 同时在搅拌桩止水帷幕外侧安排孔隙水压

力计, 监测频率设定为支护结构施工期间 1 次 / 3 天, 开挖期间 1 次 / 天。当监测数据显示淤泥质黏土层区段的灌注桩水平位移速率达 5mm/ 天, 超过勘察预测的 3mm/ 天, 且孔隙水压力计读数较初始值增加 15kPa。施工人员便要立即根据勘察提供的土体流变参数, 采取预控措施: 可在此区段增加一道预应力锚索, 锚索长度 22m, 锚固段位于中风化岩层 8m, 张拉应力控制在 180kPa, 同步调整开挖方案, 把原 2m 一层的开挖厚度改为 1.5m, 间隔时间延长 48 小时, 并在开挖面及时施作钢筋网喷混凝土护坡。经过前移监测节点, 施工人员能够在支护结构施工时建立监测方案, 提前获取初始数据作为变形分析基准, 并利用勘察提供的淤泥质土压缩模量等参数, 准确判断变形速率异常的原因, 即土体流变导致的蠕变破坏, 进而增加锚索, 以分担土体侧压力, 减小桩体弯矩。随后调整分层开挖厚度, 则是给释放土体应力留出缓冲时间, 避免变形集中爆发。

结束语: 在深基坑工程不断向复杂地质条件拓展的当下, 岩土工程勘察能够准确把握土层结构、地下水位及软弱

夹层等关键要素，进而为支护施工的结构选型、参数设计还有风险防控提供主要依据。未来，随着勘察技术及施工工艺的协同创新，施工人员需继续强化勘察数据的动态应用，为在复杂环境下安全高效地实施深基坑工程提供更坚实的技术支撑。

参考文献：

- [1] 薛伟. 探析建筑工程中的深基坑支护施工技术 [J]. 居业, 2024, (09): 31-33.
- [2] 赵训洲. 基于岩土工程勘察的深基坑支护设计及施

工问题研究 [J]. 中国住宅设施, 2024, (06): 43-45.

[3] 宁桃. 深基坑支护施工技术在土建工程施工中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (17): 121-123.

[4] 冯志国. 深基坑支护施工技术在土建施工中的应用探究 [J]. 房地产世界, 2023, (17): 127-129.

作者简介: 马文君 (1983—), 男, 汉族, 江西赣州, 本科, 工程师, 研究方向为岩土工程。

李红波 (1982—), 女, 汉族, 江西赣州, 本科, 讲师, 研究方向为土木工程。