高层建筑岩土工程勘察关键技术要点探讨

阮华新

云南研地勘测有限公司 云南 曲靖 655000

【摘　要】：高层建筑荷载集中、地下空间埋深大，岩土工程勘察需要同时回答地层稳定、地下水作用、桩基持力层和基坑开挖参数等问题。本文分析高层建筑岩土工程勘察的前期条件，梳理勘探孔布置、原位测试、室内试验和持力层连续性核查要点，提出承载力、变形参数、桩基参数、基坑降水及抗浮条件的协调评价方法。地层剖面、地下水位、试验指标和施工揭露差异进入同一技术判断链条，地层剖面、地下水位、试验指标和施工揭露差异纳入同一技术判断链条，使基础设计依据、基坑支护参数和补充勘察触发条件具有可核查依据。

【关键词】：高层建筑；岩土工程勘察；地层识别；桩基参数；基坑抗浮

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.031

引言

高层建筑基础荷载经核心筒、剪力墙和地下室底板向地基集中传递，地层不均匀性会在沉降差、桩端阻力、基坑侧向变形和地下水浮力中被同步放大。普通建筑勘察偏重地基承载力和一般变形判断，高层建筑岩土工程勘察还要识别深部持力层起伏、软弱夹层延续、承压水补给、邻近道路及地下管线约束等条件。勘察工作的关键不在于单纯增加钻孔数量，而在于让勘探孔深、测试项目、参数取值和施工反馈围绕同一基础受力对象展开。

1 高层建筑岩土工程勘察的前期条件识别

1.1 场地地层组合与不良地质初判

高层建筑场地地层识别应先围绕塔楼、裙房、地下室边界和主要荷载传递区建立剖面框架。填土厚度、软塑黏性土、饱和粉砂、强风化岩面起伏、孤石及岩溶裂隙都会改变基础形式和勘探孔深，若只按均匀场地布孔，局部软弱夹层可能被相邻钻孔的平均判断掩盖。勘察初期宜把区域地貌、既有工程揭露、地面沉降记录和场地平整历史放入同一判断窗口，再由钻探、取样和物探核实主要异常区[1]。塔楼核心筒下方的压缩层厚度、桩端可能进入的持力层顶面、地下室外缘的回填土和边坡卸荷影响，是初判中最容易影响后续参数的对象。勘探孔、原位测试位置、地下水位和软弱夹层必须在同一剖面内解释；当软弱夹层与高层建筑投影范围重合时，即使其厚度不大，也会改变沉降差和桩端入岩控制。图 1 用于呈现地层组合与勘探孔之间的空间关系。

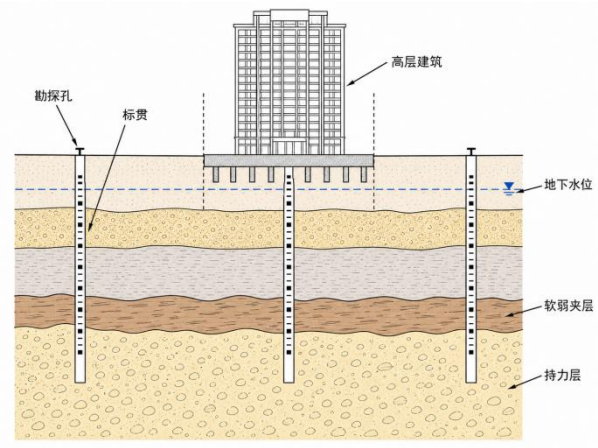

图 1 高层建筑场地地层与勘探孔剖面示意

图 1 中，勘探孔穿过地下水位、软弱夹层和持力层，标贯位置沿地层分布；高层建筑投影与软弱夹层重合时，剖面解释应从单孔描述转向跨孔连续性判断。

1.2 地下水赋存条件与基坑影响识别

地下水条件不是附属于地层描述的背景项，而是高层建筑地下室抗浮、基坑支护、降水方案和桩基施工质量的共同输入。潜水位可控制浅层土体有效应力，承压水可在深基坑开挖后形成突涌或管涌风险，上层滞水和裂隙水又会造成局部渗水点与勘察孔水位不一致。勘察中应区分稳定水位、施工水位、季节性水位、历史最高水位和承压含水层补给条件，并说明不同水位对抗浮、降水和支护设计时的适用边界。对临近河道、地下车库或市政管线的高层场地，降水影响还会影响到周边沉降和管线变形，单孔水位记录不足以支撑拟建场地水文地质条件。地下水资料要与土层渗透性、基坑深度、地下室底板标高和支护结构共同分析，才能提供准确的水文地质条件。

2 高层建筑岩土勘探与原位测试布置要点

2.1 勘探孔深度与平面控制点布设

高层建筑勘探孔布设应从荷载分布和地下结构轮廓出发，而不是在用地红线内机械均布。塔楼核心筒、转换层柱网、建筑物阴阳角、裙房荷载突变区、地下室外墙、坡道和大型设备基础附近，均可能形成不同的沉降或侧向变形控制点；平面布置点应把塔楼范围、地下室边线、核心筒和道路边界分开表达，钻孔应在受力集中和环境敏感位置加密。孔深控制应穿过主要压缩层并进入稳定持力层，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度，对桩基方案还要满足桩端以下一定影响范围内无软弱夹层、洞穴或破碎带的核查要求[2]。当场地内存在深厚填土、软土或岩面剧烈起伏时，控制孔应承担剖面校正功能，普通孔承担层位插值功能，二者不能用同一技术要求替代。控制点坐标和孔口高程应与建筑轴线、地下室边线和场地整平标高闭合，否则后续地层剖面会在设计图坐标系中发生偏移。图 2 可用于说明布孔加密与建筑受力位置的对应关系。

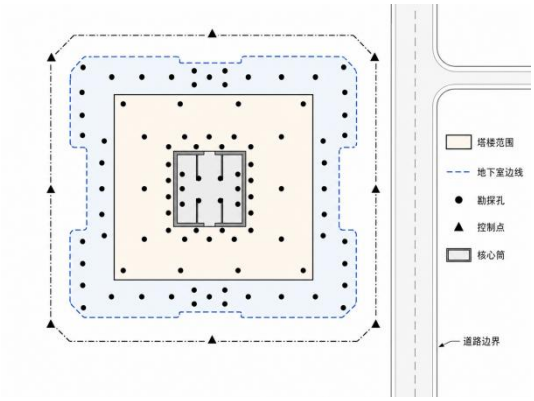

图 2 高层建筑勘探孔与平面控制点布设示意

图 2 中，核心筒周边和地下室边线附近的勘探孔明显加密，道路侧控制点限定了环境敏感边界；这种布置使深部持力层、基坑外缘和邻近道路沉降风险能够在同一平面上被核查。

2.2 原位测试项目与室内试验组合

原位测试和室内试验的组合要围绕参数用途选择。原位测试试验适合识别砂土密实度和黏性土状态，静力触探能连续反映软土、粉土和砂层变化，旁压或十字板剪切试验可补充变形模量和不排水强度判断，室内固结、三轴、直剪及颗粒分析则用于校正压缩性、抗剪强度和渗透性。高层建筑勘察若只保留常规取样和少量标贯，容易在深部持力层、软硬互层和地下水作用位置形成参数断点。测试布置应使每类数据都有明确用途：承载力取值对应强度指标，沉降计算对应压缩模量或变形模量，基坑支护对应内摩擦角、黏聚力和渗透系数，桩基设计对应桩侧阻力和桩端阻力[3]。同一土层出现取样扰动、含水率异常或原位指标离散时，应优先解释土层结构、夹层和试验适用性，而不是直接取算术平均值。取样质量与试验路径也会改变参数解释。软土样品扰动后强度可能偏低，砂土在钻探扰动后密实度判断可能失真，地下水扰动又会改变含水率和渗透性；原位测试、室内试验和钻孔编录相互印证时，参数取值才具有稳定依据。

2.3 深厚软弱层和持力层连续性核查

深厚软弱层和持力层连续性直接决定高层建筑基础方案的可行性及可靠性。软弱层厚度沿塔楼投影变化时，筏板或复合地基的沉降差可能先于承载力不足成为控制因素；持力层顶面起伏过大时，桩长、入岩深度和桩端阻力会在同一桩群内出现明显差异。勘察应依靠控制孔、补充孔、连续原位测试和必要的物探手段核查层位延伸，尤其关注强风化岩与中风化岩界面、砂层与黏性土透镜体、填土与原状土交界面。对桩基持力层，勘察结论不能只写“层位稳定”或“可作为持力层”，还应说明层顶标高变化、揭露厚度、岩芯完整程度、软弱夹层位置和相邻孔连线可靠性。当持力层只在局部钻孔中揭露充分，设计采用统一桩端标高会把未揭露区域的风险转移到施工阶段，后续试桩、施工勘察和成孔记录应预先纳入核查链。

3 高层建筑基础设计参数的勘察要点

3.1 承载力特征值与变形参数取值

承载力特征值和变形参数取值应同时服务基础安全和沉降控制。天然地基或复合地基评价中，承载力可由原位测试、土工试验、地区经验和规范修正综合确定，但高层建筑的实际控制常来自变形协调，特别是塔楼与裙房荷载差异、地下室整体刚度和软弱下卧层压缩。参数评价关系把试验指标、承载力、变形参数、桩基参数和基坑参数放入同一关系图，说明参数不能在不同专业之间孤立传递。压缩模量、变形模量、泊松比、固结系数和剪切强度取值应对应具体土层、应力水平和排水条件，离散指标要说明采用代表值、保守值或分层值的理由。单一承载力建议值缺少沉降计算所用的分层压缩参数时，设计阶段只能回填经验假设，参数链条的可靠性随之下降，分区取值还应反映受力对象差异。塔楼核心筒下方的附加应力影响范围较大，裙房和地下室外缘则更容易受回填土、基坑卸荷和地下水变化影响；同一土层在不同位置承担的设计功能不同，代表值、保守值和建议范围不能混为

一项。

3.2 桩基持力层判别与单桩参数修正

桩基持力层判别要同时检查承载能力、沉降控制和施工可行性。高层建筑常采用钻孔灌注桩、预制桩或后注浆桩，桩端进入砂卵石层、硬塑黏性土、强风化岩或中风化岩时，侧阻和端阻发挥条件并不相同。勘察地层剖面、地下水位、试验指标和施工揭露差异进入同一技术判断链条，桩侧阻力、桩端阻力、持力层厚度、软弱下卧层、岩体完整性和地下水对成孔质量的影响分开说明，再给出适用于试桩和施工控制的参数范围。对岩面起伏场地，单桩参数不能只按平均层面确定，核心筒下方和边柱区应分别核查桩长变化及桩端进入持力层后的有效厚度。若试桩结果与勘察建议出现偏差，应回到成孔深、泥浆护壁、孔底沉渣、持力层标高和桩端后注浆条件逐项解释，不能简单把差异归为施工因素。

3.3 基坑支护、降水与抗浮参数协调

基坑支护、降水和抗浮参数在高层建筑地下空间中高度耦合。基坑开挖降低土体侧向约束，降水改变有效应力和周边沉降，地下室底板施工完成前后又会经历不同的抗浮安全状态。勘察应向设计提供土压力参数、渗透系数、地下水位建议值、承压水头、坑底抗隆起条件、周边建构筑物敏感性和降水影响范围，而不是把基坑工程作为报告末尾的概略建议。当地下水埋藏较浅或地下室存在上浮问题时，抗浮验算要采用能反映长期高水位和施工期不利水位的设防条件。支护参数和抗浮水位取值还应与基坑开挖孔深、止水帷幕插入层位、降水井布置和地下室回填时点一致；同一场地内若塔楼区与裙房区底板标高不同，抗浮和支护建议应分区表达。施工期和使用期水位条件还存在时间差。底板尚未封闭时，抗浮安全依赖降水运行和临时排水可靠性；上部结构荷载逐步形成后，长期高水位、排水设施衰减和地下室回填质量又成为主要控制对象，勘察建议必须把两种状态分开表达。

4 勘察成果校核及施工阶段岩土风险衔接

（1）勘察报告结论与设计输入一致性复核：设计采用前，岩土技术结论要转化为结构、基础和基坑专业可直接调用的输入。复核对象包括建筑轴线与勘探孔坐标、室外地坪与孔口高程、基础持力层名称、承载力特征值、压缩模量、桩侧阻力、桩端阻力、基坑土压力参数、地下水位和抗浮建议。高层建筑设计经常在方案深化中调整塔楼位置、地下室范围或基础形式，若勘察成果仍按旧版总图表达，地层剖面和参数表会与实际受力位置脱节。目录完整并不等于输入可靠，每一项设计输入都对应具体钻孔、试验项目和土层编号。

（2）施工揭露地层差异与补充勘察触发：施工阶段揭露的地层差异是检验勘察成果的重要环节。基坑开挖面出现未预判的粉砂透镜体、软弱夹层、强风化岩面突变、异常渗水或桩孔塌孔时，支护稳定、桩端持力层、地下水控制和沉降风险会同步改变。开挖剖面中的异常关系包括：揭露地层差异、渗水点和沉降监测异常共同指向补充勘察和参数修正。补充勘察的触发对象包括浅层取样、局部加密孔、静力触探、抽水试验、岩芯复核、桩孔旁证资料及静力触探等不同证据入口。异常只影响局部施工工艺时，风险集中在成孔、护壁或开挖面稳定；异常改变持力层连续性、承压水条件或支护受力路径时，原有参数链条已经失去适用边界。触发条件的意义在于把施工揭露事实转化为岩土判断，避免风险停留到竣工阶段才被滞后记录。

5 结语

高层建筑岩土工程勘察的技术要点，应从场地条件识别、勘探测试布置、基础参数评价和施工阶段风险衔接四个环节连续展开。地层组合、不良地质和地下水条件决定勘察重点，钻孔深、平面控制点、原位测试和室内试验决定参数来源，承载力、变形、桩基、基坑与抗浮参数决定设计输入质量。施工开挖后出现地层差异、渗水或沉降异常时，勘察结论要通过补充勘察和参数修正回到设计判断链条。只有把前期勘察、设计采用值和现场揭露结果贯通，高层建筑基础和地下结构才能获得稳定、可追溯的岩土依据。

参考文献：

[1] 付亚.大数据驱动下高层建筑岩土勘察关键技术研究[J].新城建科技,2026,35(1):13-15.

[2] 肖洒.高层建筑岩土工程勘察及不良地基处理措施分析[J].中国住宅设施,2025,(6):91-93.

[3] 张庆庆,李斯喆.浅析城市高层建筑岩土工程勘察地基处理要点[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(23):175-177.