

浅谈南通轨道交通工程勘察技术重点与管理要点

朱 勇

上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司 上海 200125

摘 要：本文以南通市轨道交通工程为例，从勘察技术与过程管理两个维度分析轨道交通勘察较常规勘察的重点、要点。在勘察技术层面，重点关注水文地质指标、不良地质评价、设计参数指标等关键问题，在结合区域工程经验的基础上，采用综合勘察技术手段获取可靠设计参数；在过程管理方面，针对政策协调、节点进度控制、文明施工管理、地下管线保护等环节，重视精细化管理。勘察工作中对此要加以重点关注。

关键词：轨道交通；勘察；技术重点；管理要点

随着城市化进程的不断推进和城市文明建设的持续发展，轨道交通建设日益受到社会各界的高度重视和广泛关注，其对工程地质勘察工作提出了更高标准和更严格要求^[1]。因此，轨道交通勘察工程师不仅需要具备扎实的专业技术功底，还必须具备统筹协调大型勘察项目的的能力，其直接关系勘察成果的技术质量保障、施工安全风险管控以及工程进度控制等环节，各要素之间相互关联、影响，共同构成了勘察工作的完整体系。^[2]

1 地质条件与工程特点

南通市地处长江三角洲冲积平原，其工程地质条件

受长江、黄海及第四纪沉积环境的共同影响，具有以下显著特征：一是分布深厚粉砂性土层，二是水文地质条件复杂。轨道交通线路主要沿城区布设，根据建设场地地层揭露情况，沿线以第三系和第四系沉积为主，覆盖层厚度普遍超过200m。该区域土体类型复杂多样，成因类型包括河流相、河海相等多种沉积环境，主要由粉性土、砂性土和粘性土三大类组成^[3]。根据南通轨道交通1号线、2号线的地质勘察资料分析，不同区段的土体工程性质存在明显差异。

表1 南通轨道交通建设场地地层情况表

时代成因	土层编号	土质名称	一般厚度(m)	工程地质特点
Q ₄	①	填土	0.2~5.0	跟随区域变化，主要为表部素（杂）填土、浜填土等，形成时间不少于10年。
	②	粉土	1.0~4.0	以粉性土为主，灰黄-青灰色，松散，夹粘性土与砂性土，部分区域粉砂含量较高。
	③ ₁	粉砂夹粉土	2.0~5.0	灰黄-青灰色，松散-稍密，夹杂薄层粘性土。
	③ ₂	粉砂	5.0~15.0	灰色，中密，夹少量粉土。
	③ ₃	砂质粉土	8.0~18.0	灰色，稍密，夹少量粉砂，局部夹薄层粉质粘土或互层。
	④ ₂	粉质粘土	1.0~18.0	灰色，软塑-可塑状，局部夹杂粉性土、砂性土，厚度不均。
	⑤ ₁	粉砂夹粉土	2.0~10.0	灰色，稍密，局部夹粉质粘土。
	⑤ ₂	粉土夹粉质粘土	5.0~30.0	灰色，稍密~中密，局部呈现互层状或以粉质粘土为主。
	⑤ ₃	粉砂夹粉土	3.0~14.0	灰色，密实，局部夹薄层粉质粘土。
Q ₃	⑥	粉砂	12.0~18.0	灰色，密实，夹少量粘性土，土质较均匀，厚度不均。
	⑦	细砂夹中砂	8.0~22.0	黄色-青灰色，密实，局部夹砾石。
	⑧	细砂	7.0~22.0	灰色，密实，局部夹薄层粘土。
	⑨	细砂夹中砂	未钻穿	灰色~灰黄色，密实。

2 勘察技术重点

2.1 水文地质指标

在南通富水地层区域进行轨道交通建设时，地下水对车站深基坑工程的稳定性具有关键影响。勘察阶段需结合工程设计方案、施工工艺及支护要求，系统分析水文地质条件，并重点评估拟建工程和周边环境的相互影响^[4]。

南通地区水文地质条件具有明显的层状特征，浅部为孔隙潜水含水层，下部依次发育第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ承压含水层。其中，孔隙潜水含水层具有厚度大（15m~25m）、富水性好等特点，主要由粉土和砂土构成，渗透系数达10⁻³cm/s~10⁻⁴cm/s，并与地表水体保持密切的水力联系，勘察中要加强动态观测。

对轨道交通工程影响最为显著的是第Ⅰ承压含水层，该层主要赋存于④₂层以下的砂土和粉土层中。区域水文资料显示其水头埋深在2.0m~5.0m之间，为准确掌握其水文特性，勘察过程中应重点开展以下工作：1) 分层设置观测井进行水位动态观测；2) 实施专项抽水试验，测定渗透系数等关键参数；3) 评估承压水头压力、涌水量等对基坑工程的影响程度。上述水文地质勘察成果将为后续工程设计提供重要依据。

对于采用冻结法施工的区间段，需重点关注地下水流速、流向及渗透性等参数，评估其对冻结效果的影响，为冻结壁设计与施工控制提供关键依据。

2.2 不良地质评价

1) 砂土液化

南通地区抗震设防烈度为7度，浅部松散的粉砂性土层其液化等级将直接影响轨道交通工程的安全和造价。通过钻孔标准贯入试验、静力触探等多手段综合判定场地液化程度，勘察结果表明沿线场地以不液化~轻微液化为主，但局部存在中等液化地段，需做好地基处理、桩基设计及地下水控制等环节参数选择。

2) 特殊性岩土

①填土：南通轨道交通沿线主要穿越城区，现状道路结构层普遍存在水泥混凝土或沥青混凝土面层，下部多为三合土、素填土等回填土层，局部填土最大厚度超

过6.0m。由于填土层分布不均，工程性质较差，导致地基存在显著的不均匀沉降。同时，填土中夹杂的块石等障碍物会对围护结构施工造成不利影响，因此是车站基坑工程设计施工中重点考虑对象，勘察阶段需重点查明填土层的物理力学指标及分布范围。

②软土：南通轨道交通沿线软土分布不均，区域厚度分布差异性比较大，勘察应重点关注以下方面：首先需查明软土的空间分布特征，包括厚度变化和层位稳定性；其次要重视软土取样质量，保障其物理力学参数特别是压缩系数、固结系数和灵敏度等关键指标的准确性。同时辅以十字板剪切试验、静力触探等原位测试手段综合测定软土的不排水抗剪强度和承载力特性。

2.3 设计参数指标

轨道交通工程勘察设计参数指标根据工点的施工工艺、基础类型、岩土类别有所区别，岩土物理力学参数的选取应基于工程需求，确保试验数据满足数理统计的可靠性要求及设计验算的准确性标准。

在参数确定过程中，重点收集分析邻近区域工程勘察资料，充分借鉴地区现有的工程案例实践经验，结合本地土层特性的区域规律，提出符合南通地质特点的参数取值。同时邀请具有丰富本地工程经验的专家参与参数论证，确保参数准确可靠。

表2 轨道交通勘察岩土设计参数一般要求

施工工艺	岩土类别	颗粒分析	固结压缩	快剪	固结快剪	三轴剪切	无侧限抗压强度	静止侧压力系数	渗透系数	不均匀系数	固结系数	回弹模量	灵敏度	泊松比	基床系数	热物理指标
明挖法	粉土	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√			√	√
	砂土	√	√	√				√	√					√	√	√
	黏土		√	√	√	√	√	√	√		√	√			√	√
盾构法	粉土	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	砂土	√	√	√				√	√	√				√	√	√
	黏土		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
盖挖法	粉土	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√			√	√
	砂土	√	√	√				√	√	√	√	√			√	√
	黏土		√	√	√	√	√	√	√		√	√			√	√

3 勘察管理要点

3.1 安全施工管理

目前城市中各类市政管线因埋深、材质、使用年限及用途各异而形成错综复杂的立体管网，且近年来国家和地方政府相继出台多项管线安全规范条例，但由于缺乏完整准确的管线资料，勘察作业仍面临重大安全风险。

所以如何保护和避开各种地下管线成为轨道交通工程勘察工作的重点。为此，南通轨道交通工程勘察建立了标准化管线保护体系，实现勘察全程零事故，具体措

施包括：

1) 管线资料收集与整合：系统收集物探报告、档案馆资料及各管线权属单位提供的管网图纸，通过多源数据交叉验证，科学规划勘探点位布置方案。

2) 权属单位现场交底：勘探点位确定后，组织各管线管理单位进行实地踏勘、安全交底，通过现场确认建立完整的管线交底台账，确保勘探点施工安全可控。

3) 精细化物探：在勘探点样洞开挖前，采用手持管线探测仪等专业设备对勘探点位及周边区域进行全方位

探测,将实测数据与现有管线图纸进行比对验证。当发现探测结果与图纸存在差异时,尤其暗埋管线或历史错接的管段,需进一步开展周边检查井的分布调查工作。

4)样洞开挖:实施严格的分级安全控制:①作业前由项目负责人及安全员对现场工人进行专项安全技术交底;②人工开挖深度不少于2m或至原状土层;③勘探点周边点与中心点布置梅花形钎探点,钎探深度不少于1m,防止管线位置细微偏移;④建立异常响应机制,发现异常立即停工,经研判后调整方案。

5)采用专用钻具:针对城市轨道交通工程的特殊需求,我们研发了具有保护功能的新型专用钻头。该钻头采用特殊材质制造,通过优化工艺参数设计,实现了与岩芯管的无缝对接,当钻头接触地下管线时会产生明显反弹效应,既能及时感知管线位置,又不会造成管线损伤;优化后的钻头结构使岩芯更顺畅进入岩芯管,显著提高浅层土层的钻进效率,这一创新设计实现了管线保护与施工效率的双重提升。

6)制定应急预案:在轨道交通工程勘察外业实施过程中,为确保作业安全与进度可控,制定应急预案尤为重要。预案重点涵盖三方面:1)人身安全保障,通过配备全套防护装备、设置专职安全员、建立相关制度等;2)进度节点控制,建立“日报+周报”双轨制进度监控体系,建立气象预警、配置备用设备等方式应对突发延误;3)自然灾害防范,针对台风、暴雨、高温等极端天气制定专项应对方案。通过制定应急管理预案,切实保障勘察人员安全,维护工程进度,提升团队人员应急处置能力。

3.2 文明施工管理

工程勘察作业作为轨道交通建设的先行环节,其文明施工水平直接影响城市与工程整体形象。需将重点落实以下文明施工措施:

1)围挡配置:根据地方及相关行业要求,采购配置勘察作业区的可移动围挡,围挡设置工程标识牌、安全警示牌等标准化设施,确保美观整洁。针对不同勘察工艺(钻探、静探等)差异化设置,钻探作业还需增铺彩条布防止泥浆外漏等措施。

2)环境管控:在环境管控方面,采取多项绿色勘察措施:钻探泥浆池做好防渗漏处理,土样运输全程使用密闭容器;优先选用低噪声钻机设备,居民区周边限制夜间作业,振动敏感区域采用静力触探替代钻探。同时推进绿色勘察创新,推广电动勘察设备,建立泥浆循环利用系统,并严格实施勘察废弃物分类管理,实现全过程环保作业。

3.3 其他管理

1)政策协调管理:轨道交通工程勘察施工作业涉及

城市道路、园林绿化、市政管线、海事等多个方面,需重点做好以下协调管理工作:

(1)在勘探作业实施前,需提前向市政道路养护单位、城市管理局、园林绿化等主管部门办理开挖审批手续。审批材料应包含详细的管线保护方案、路面修复工艺标准及质量保证措施,同时就路面修复费用赔偿标准达成书面协议,避免后续纠纷;

(2)在进行占道勘探作业时,须提前与辖区交警部门联合制定交通组织方案,严格按照相关规范规程的要求设置作业控制区。现场配备持证交通协管员疏导交通,所有作业人员必须穿戴符合标准的反光服,夜间作业需设置LED警示频闪灯及防撞桶等安全设施,确保施工期间交通有序通行;

(3)在涉及通航水域的勘探作业时,需特别重视海事施工安全管理。首先要编制专项海事施工组织方案,并组织海事、航道等方面专家进行方案评审。施工期间需配备符合要求的专业钻探作业船和警戒护航船,同时要设置完善的导航警示标志。由于涉及多项费用,此类水上勘探作业成本较常规勘探高出30%~50%,在项目预算编制和勘察方案制定阶段需充分考虑,做好成本控制和风险预案。

2)过程资料管理:轨道交通工程勘察周期较长,且涉及设计、业主、施工等多个参建主体,各类技术提资、往来函件等过程资料数量庞大。为确保资料管理的规范性和可追溯性,要配置专职资料管理员,建立专项资料管理台账系统,进行系统化管理。通过实施全过程资料留痕管理,确保各参建单位间的信息传递及时准确。

4 结语

本文以南通轨道交通工程勘察实践为例,系统分析了富水地层条件下工程勘察的技术要点,提出“资料整合-现场复核-精细物探-安全开挖-专用钻具”工作法,强调建立标准化的地下管线保护机制和精细化全过程管理的必要性。结果表明,勘察技术与管理互为支撑、协同增效,形成良性循环。该体系不仅保障了南通项目的顺利实施,更为类似地质条件下的工程勘察工作提供经验。

参考文献

- [1]陈冰慧,李冉.城市轨道交通建设中岩土工程勘察技术研究[J].运输经理世界,2024,(12):14-16.
- [2]王国富,路林海,朱立香.济南轨道交通R1线工程勘察重难点分析及对策[J].都市快轨交通,2014,27(06):92-96.
- [3]孙晓倩.基于软土工程特性的南通地区工程地质条件研究[D].中国矿业大学,2016.
- [4]恽雅萍.富水地层基坑工程勘察报告对地质风险的分析评价[J].中国市政工程,2023,(04):69-72+77+110-111.