

# 深基坑工程岩土工程勘察探究

张能钦

上海市隧道工程轨道交通设计研究院 上海 200235

**摘要:** 岩土工程勘察作为深基坑工程的前期重要环节,对于确定支护设计方案、保证施工安全具有举足轻重的作用。本文探讨了深基坑工程岩土工程勘察的基础理论、主要技术手段、勘察风险管理和岩土工程分析与评价等内容,为深基坑工程岩土工程勘察工作提供参考。

**关键词:** 深基坑工程; 岩土工程勘察; 风险管理

## 前言

随着我国城市建设的快速发展,城市土地资源日益紧缺,地下空间开发成为城市发展的新方向<sup>[1]</sup>,当前城市轨道交通、地下商业广场、地下综合管廊等地下设施逐渐普及,深基坑工程也越来越多,并且正向更大深度、更大面积的方向发展。岩土工程勘察作为深基坑工程的关键环节,其成果对于确保工程安全质量具有重大影响。

## 1 岩土工程勘察基础理论

### 1) 地质学

地质学是岩土工程勘察的基础,它研究地球的物质组成、结构、演化以及地球表面和内部发生的各种地质作用。勘察技术人员运用地质学基础理论通过对地层年代、岩性、构造特征等的分析,预测工程地质条件,为工程设计提供关键的地质信息。

### 2) 土力学与岩石力学

土力学和岩石力学是研究岩土体在外力作用下的应力、变形和稳定性等力学行为的科学。在岩土工程勘察中,技术人员利用力学理论知识分析和估算地基的承载能力、变形特性以及稳定性。通过现场和室内试验,可以获取岩土体的物理力学参数,为工程设计方案、施工工法的选取以及地质灾害的预防提供科学依据。

## 2 深基坑工程岩土工程勘察主要手段

### 1) 钻探取样

钻探取样可以直接获取地下岩土体的实物样品,再通过室内土工试验分析岩土体的物理力学性质。轨道交通岩土工程勘察一般要求全断面取心,并拍照留存影像资料,可以比较直观地反应地层在竖向的分布规律,方便技术人员现场进行野外定名、划分地层界面等工作。通过钻探取

心还能揭示一些不良地质构造,便于设计后期开展专项设计工作。在济南轨道交通岩溶专项勘察中,通过钻探查明了车站底板以下岩溶发育情况以及填充物的性质。某车站工程可行性勘察钻孔在15.1~45.0m深度范围揭露断层泥及断层角砾岩,通过查阅区域地质构造图发现该车站位于断裂带上,因此提醒设计结合场地地震安全性评价报告,复核该车站站位设置的合理性。

随着地下空间开发逐渐向深部发展,为满足深基坑工程要求布置的勘探孔也越来越深,如何保证钻孔的垂直度和取心效率是保证钻探质量的关键。保证钻孔垂直度的措施主要有平整场地和钻机作业平台、定期检查钻具、控制钻进速度、在钻杆上加设扶整器等。为了提高深孔钻探取心效率,可以采用不提钻取心钻进,目前常用的方法有绳索取心、反循环取心等。

### 2) 原位测试

原位测试技术是对天然状态下岩土体直接进行测试的方法,可以获得比较客观的地质参数。深基坑工程勘察常用的原位测试手段有静载荷试验、标准贯入试验、静力触探试验、十字板剪切试验、旁压试验、电阻率试验、波速试验等。以静力触探试验(CPT)为例,该试验提供了完整连续的静力触探曲线,能够连续、直观地揭示场区内地基土在垂直方向的变化,是上海等软土地区鉴别土层的主要手段之一。根据上海市地方标准《岩土工程勘察标准》(DGJ 08-37-2023)<sup>[2]</sup>,静力触探试验提供的比贯入阻力 $P_s$ 值可以用来判定砂质粉土和砂土密实度、估算单桩竖向承载力、估算天然地基极限承载力标准值等。近年来,国内勘察单位还引进了多功能触探试验(MCPT)技术,该技术能够在一次试验中同时获取土体的锥尖阻力、侧摩

阻力和孔隙水压力等多个参数。

### 3) 水文地质试验

地下水是影响深基坑工程安全的主要因素之一。岩土工程勘察报告提供的水文地质参数是深基坑工程降排水设计的重要依据,应用于估算基坑涌水量、确定围护结构插入深度和隔水帷幕长度等,对基坑工程安全和造价具有较大影响。

获取岩土层水文地质参数的方法有室内渗透试验和现场水文试验等,其中现场水文试验直接在岩土层中测试,能够较客观地反应地层的真实情况。现场水文试验有抽水试验、注水试验、压水试验等,具体根据实际地层情况选取。当基坑安全保护等级较高,抽降地下水对周边环境影响较大时,还需进行水文地质专项勘察。此外,深部含水层一般具有承压性,在基坑开挖过程中可能产生突涌风险。为便于设计开展承压水突涌验算,需要在承压含水层中布置承压水观测孔,分层观测承压水水头,观测周期一般不少于七天。当基坑附近存在地表水体时,还需查明地表水和地下水的水力联系。

### 4) 地球物理勘探技术

地球物理勘探技术是通过观测和研究地球物理场的变化来探测地层岩性、地质构造等地质条件的方法<sup>[3-4]</sup>,岩土工程勘察中常用的地球物理勘探方法有高密度电法、磁法和地震法等。高密度电法是根据岩土体视电阻率的分布推断解释地下地质结构,当岩体中存在软弱夹层或破碎带时,该区域的视电阻率明显降低。磁法是通过测量场地一定深度范围内磁场的变化来研究地质构造的方法,可以用来推断断层的分布情况。地震法是采用人工激发地震波,通过采集分析地震波在岩土体中的传播规律,推断地层岩性的勘探方法。跨孔地震 CT 成像技术是常用的一种地震法,通过在第一个钻孔内激发地震波,第二个钻孔内接收,把数据传输到地震记录仪中分析成像,可以探测溶洞、空洞、采空区等不良地质的分布情况。

### 3 岩土工程勘察风险管理

深基坑工程周围通常紧邻城市道路、既有建(构)筑物、各类地下管线等,勘察外业施工具有作业场地狭小,安全和环境保护要求高等特点。在勘察过程中加强风险管理,对确保外业施工安全,提高勘察质量具有重要意义。

通过收集分析勘察安全生产事故案例及以往勘察经验,深基坑工程勘察过程中可能遇到的风险源主要有管线事故、触电、机械伤害、交通事故、钻孔封堵不到位、钻具遗留在孔内、勘察成果的不确定等<sup>[5]</sup>。上述风险源的成因及造成的不利影响见表 1。

表 1 岩土工程勘察风险源一览表

风险源	成因	风险损失
管线事故	施工前沿线管线未调查清楚,工人盲目施工	管线破坏,人员受伤,对周围环境产生影响
触电	电力管线未调查清楚,安全防护措施不到位	人员受伤
机械伤害	施工人员操作不规范	人员受伤
交通事故	车辆机械故障或驾驶员人为操作失误、安全警示标志不醒目	人员受伤,影响周边交通
地下段钻孔封堵不到位	施工人员未按规定进行封孔	对基坑施工产生不利影响
钻具遗留在孔内	未正确进行泥浆护壁钻探,钻具在粉土、砂土层中停滞时间较长,静探施工操作不规范	对基坑施工产生不利影响
勘察成果的不确定性	土体空间分布的差异性、试验方法带来的误差、计算公式的局限性和土体特性参数的统计误差	分层、岩土参数欠合理,对设计施工产生不利影响

针对可能遇到的风险源,勘察项目负责人应根据风险发生的可能性等级和损失等级进行风险等级评估,采取事前预防,事中控制,事后分析的原则进行风险控制。严格执行勘察作业安全技术交底制度是预防勘察外业安全事故的重要措施之一,大部分事故都是由于勘察交底不清、作业人员盲目施工导致。勘察过程中周边环境因素可能随时改变,技术人员需要根据实际情况采取相应的风险控制措施。为了确保在发生紧急情况时能够及时响应,勘察项目负责人需要提前制定应急预案,包括应急组织机构、应急抢险流程、人员疏散路线、物资储备和调配计划等内容。深基坑工程勘察过程中常用的勘察风险控制措施见表 2。

表2 岩土工程勘察风险控制措施一览表

编号	风险源	风险应对措施
1	管线事故	①调查清楚勘探孔位的地下管线分布情况； ②对工作人员进行安全教育和管线资料交底； ③施工前须查看地下管线标识，核对地下管线资料，再用手持管线探测仪进行浅部探查。 ④开挖样洞后施工，严禁盲目施工。
2	触电	①按避免管线事故的应对措施进行施工，避免打断电力电缆地下管线； ②为现场施工人员配备绝缘手套、绝缘工作鞋等劳保用品，并指导正确使用和现场监督； ③钻探作业前，应进行场地踏勘，了解场地的架空线路分布情况；施工时，钻探设备外缘与输电线路的距离应不小于规范规定的最小安全距离。
3	机械伤害	施工前对作业人员进行勘探施工培训，杜绝无证上岗。勘探施工过程中，加强现场管理和指导，严禁疲劳和酒后施工。
4	交通事故	配合交警做好现场交通组织，设置防护栏及安全警示标志，并应有一定的安全缓冲距离。同时钻塔安装时方向及位置应正确，并进行加固处理，确保各方安全。
5	地下段钻孔封堵不到位	施工前对作业人员进行钻孔封堵工作培训，并熟悉拟建工程特性和场地的地层分布情况。当勘探孔位于基坑结构线内，同时下部存在承压含水层时，对钻孔封堵工作还应加强现场监督和指导。
6	钻具遗留在孔内	施工前对作业人员进行勘探施工培训，同时加强现场管理与监督。钻探施工过程中选择合适的泥浆配比进行护壁，静探施工时应及时下护管保护静探杆，静探孔较深时，宜采用二次成孔工艺。
7	勘察成果的不确定性	场地地质条件复杂时应按规范规定加密勘探孔。鉴于土体空间分布的差异性，施工过程中若存在与详勘成果不一致的地方，且影响到设计和施工安全时，须进行相应的补充勘察工作。对于岩土参数的合理性，可通过后续勘察采用新技术、新方法来解决或组织专家对勘察成果进行评审。

依据工程特点进行的重要工作，也是岩土工程勘察报告的核心内容。深基坑工程分析与评价主要包括以下内容：

- 1) 对基坑支护方案选型提出建议；
- 2) 评价地表水和地下水对基坑工程的影响；对基坑降水方案提出建议，提供水文地质参数；
- 3) 评价地质条件可能造成的工程风险，对基坑工程设计和施工过程中应注意的地质问题提出建议；
- 4) 评价基坑施工与周边环境的相互影响，提出基坑监测和环境保护的建议；
- 5) 提供设计所需的岩土参数建议值。对于深基坑工程，除了提供岩土层常规物理力学指标外，还需提供慢剪、三轴 CU、静止侧压力系数、无侧限抗压强度、固结回弹、基床系数等特殊试验指标。

### 5、结语

本文通过对深基坑工程岩土工程勘察的基础理论、主要技术手段、勘察风险管理和岩土工程分析与评价等内容进行探讨，为深基坑工程岩土工程勘察工作提供参考。在实际工程中，应充分重视岩土工程勘察工作，综合运用各种技术手段查明拟建场地的工程地质和水文地质条件，提供设计所需的岩土参数建议值，为工程设计和施工提供可靠的地质依据。

### 参考文献

- [1] 郭允冲. 城市地下空间资源科学规划探讨[J]. 江苏建筑, 2019(3):1-3.
- [2] DGJ 08-37-2023, 岩土工程勘察标准[S]. 上海: 同济大学出版社, 2023.
- [3] 王爱国, 黄俊, 邓柏松. 浅谈海上风电浅覆盖层地质孤石解决方案[J]. 水电与新能源, 2020, 34(2): 15-19, 27.
- [4] 董爱丽. 浅析地质勘察在公路建设中的重要性[J]. 公路, 2013(2):156-157.
- [5] 梁亚成. Y市地铁A号线施工项目风险管理研究[D]. 江苏: 南京理工大学, 2021.。

## 4 深基坑工程分析与评价

岩土工程分析与评价是在整理各项勘察成果基础上，