

原位测试技术在工程地质勘察中的应用研究

胡冲, 刘江波, 刘启玉, 宋辉

中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司, 云南 昆明 650051

DOI:10.61369/ERA.2026060003

摘 要 : 在工程建设施工中, 地质勘察数据是否真实可靠直接影响着设计方案的合理性、施工作业的安全性。本文选取原位测试技术, 从其内涵、类型出发, 围绕具体工程阐述技术要点、操作流程和应用成效。结果显示, 结合工程情况合理选用原位测试技术, 既能对真实的地层状态进行还原, 更能提升勘察参数的精准性, 为类似工程的设计施工提供参考依据。

关 键 词 : 原位测试技术; 地质勘察; 岩土体参数

Application of In-situ Testing Technology in Engineering Geological Survey

Hu Chong, Liu Jiangbo, Liu Qiyu, Song Hui

China Nonferrous Metals Industry Kunming Survey and Design Institute Co., Ltd. Kunming, Yunnan 650051

Abstract : In engineering construction, the authenticity and reliability of geological survey data directly determine the rationality of design plans and the safety of construction operations. This paper selects in-situ testing technology, starting from its connotation and types, and elaborates on technical key points, operational procedures, and application effectiveness in specific projects. The results demonstrate that the rational selection of in-situ testing technology based on project conditions can not only accurately reconstruct the true stratum state but also enhance the precision of survey parameters, providing a reference basis for the design and construction of similar projects.

Keywords : in-situ testing technology; geological survey; geotechnical parameters

引言

工程地质勘察作为勘察岩土体分布、不良地质、地质构造的常用手段, 其精准性和工程安全有着直接的关联性。传统地质勘察以室内试验、钻探取样为主, 虽然也能获得岩土体相关参数, 但受限于土体扰动、条件限制、试样尺寸等因素, 勘察结果往往不够精准。原位测试技术具有综合、原位等优势, 依托专业测试仪器直接获取岩土体参数, 如承载力、原位强度、渗透系数等, 在弥补传统勘察技术缺陷的同时, 保证勘察数据的可靠性。文章以某工程为案例, 针对地质条件进行综合试验, 分析岩土体特征, 以期为后续的地质勘察提供技术支撑。

一、原位测试技术概述

原位测试技术, 是指在岩土体原始位置、自然状态下, 在不影响其结构、应力和湿度的情况下测试岩土体特性的一种方法。相较于室内试验方法, 其既不需要采集、制样岩土体, 更能避免因样本采集带来的结构受损、土体扰动等问题, 特别适用于原状土样获取难度大的土层。

原位测试技术主要包括标准贯入试验、静力触探试验、旁压试验、重型圆锥动力触探试验等, 其中标准贯入试验是动力触探的一种, 常用于碎石土、粉土、砂土等土体的测定, 通过对土体相关参数的评定, 了解土体的变形情况、强度, 识别场地的地震液化情况; 静力触探试验的鲜明特性持续测试、数据精度高, 不仅不需要采集样本, 还能持续分层测定岩土体, 防止因样本采集

给土体扰动带来的偏差^[1]。现阶段, 此方法主要用于粉土、黏性土、软土等土体, 但不能用于富含砂石、碎石的土体; 旁压试验可用于不同深度的土体测定, 如碎石土、黏性土等, 可通过均匀向孔壁施加应力, 促使孔壁土体变形、结构受损, 在此基础上展开变形、应力关系的测量, 从而获得土体的关键参数; 重型圆锥动力触探试验则用于碎石土、坚硬地层, 通过对堆积体密度、颗粒级配的评价, 展开土体变形、强度等各项参数的估算。其优势在于操作简单、设备轻便, 可在迅速获得地层特征的前提下, 有效弥补静力触探试验的缺陷。

二、原位测试技术在工程地质勘察中的应用

为评判原位测试技术在地质勘察中的应用成效, 围绕具体的

工程案例，从标准贯入试验、静力触探试验和重型圆锥动力触探试验3个层面展开测量，具体操作要点如下。

(一) 工程概况

某工程为特高坝，属混凝土重力坝，高182m；地形平坦，局部起伏，地面标高（绝对）介于23.3 ~ 30.1m之间。系统性分析，工程所在地地层组成有人工填土、冲洪积层。其中，人工填土为碎石土、黏质粉土、杂填土，厚度最小0.51m、最大7.81m；冲洪积层为黏质粉土、粉质黏土、砂质粉土、粉细砂。同时，初步勘察也发现施工区域有地下水2层：潜水埋深6.89 ~ 10.38m，标高15.22 ~ 19.33m层间水埋深16.69 ~ 20.81m，标高6.82 ~ 8.32m。

(二) 技术要点

1. 静力触探试验

静力触探试验使用荷兰 Geomil 公司生产的触探设备，由传感器、密封圈、锥头等多个部件构成（见下图1）。操作要点如下：

（1）正式试验前，全面调试触探设备的相关部件，保证传感器精度、锥头灵敏度等相关参数和规范要求相符；以勘察方案为参考，展开测试点位的明确，同步对施工场地进行平整处理，保证触探设备的锥头和测试点保持垂直对准的状态，避免锥头偏位情况的出现。

（2）贯入操作中，加强对锥头速率的把控，一般为每秒2.0cm，过程中持续记录锥尖阻力、摩阻比、侧壁摩阻力等相关数据。其中，摩阻比计算结合下列公式进行；若贯入环节遇到大块石、大碎石等障碍物，应当即刻暂停贯入，同时记录实际的贯入深度、障碍物的具体类型和物质。

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \times 100\% \quad (1)$$

公式（1）中， R_f 为摩阻比， q_c 为锥尖阻力， f_s 为侧壁摩阻力。

（3）结合相关参数的变化曲线，围绕钻探资料，展开粉质黏土、碎石土、砂土边界的识别；以《岩土工程勘察规范》为参考，对土层的类型、状态进行判定。当各参数的变幅和相邻段均值相比高出50.0%，可结合现场情况、岩芯钻探的方式对分层边界进行综合识别^[2]。应结合钻探岩芯、现场描述及区域地质资料进行综合判识，必要时联合室内试验展开验证。针对碎石层，应格外关注锥尖阻力的最大值、回落情况，防止因部分区域架空带来的误判。

（4）测试深度达到预设值，或无法持续贯入后，将锥头缓慢上提，对表面泥土进行清理，细致检查锥头的受损情况，为下次的测试操作奠定基础；完成测试操作后，整理、导出全部数据，剔除异常数据。

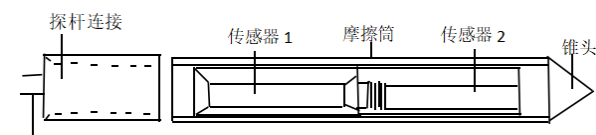


图1 静力触探试验设备组成示意图

2. 重型圆锥动力触探试验

（1）牢固连接探头、探杆，保证探头处于垂直状态，锥尖不会出现磨损，且连接探杆的螺纹未松动，防止因探杆歪斜影响测试进程和结果；使用质量120.0kg的落锤，将其方式设定为自由下落，借助自动脱钩进行控制，确保其高度始终控制为76.0cm。需要注意，落锤每次下落需保证探杆垂直，避免探杆歪斜或侧摩阻力影响测试数据的真实性。

（2）贯入过程中，实时记录贯入深度，每贯入10.0cm展开锤击数量的记录，待贯入深度到达30.0cm后，方可着手计算N63.5值。如果贯入难度大、锤击数量突然增多，立即暂停贯入、查明成因；如果贯入操作遇到坚硬碎石、孤石，除了要详细标记这些异常体的深度、形态特征外，还可辅以地质雷达进行验证^[3]。

（3）试验完成后，详细复检探杆垂直度、螺纹连读紧固度、锥尖磨损度等，无任何异常后再对设备进行拆卸操作；详细、完整地记录整个试验过程产生的各类数据，严禁出现事后涂改或补充的情况。

3. 标准贯入试验

（1）标准贯入试验前期，需做好充分的钻孔准备。使用金刚石钻机进行钻孔，保证孔径、贯入器直径一致；以预设测试深度为参考依据，确保最终的孔深比其超出50.0cm。钻孔完成后，将底部残渣清除干净，保证内部无其他杂质^[4]。

（2）安装贯入器，保证其与探杆牢固连接，随后缓慢放入孔底，确保贯入器和位置和测试位置精准对位、紧密接触；先预打入贯入器，深度不超过15.0cm，过程中采用轻击的方式展开贯入器垂直度的校对。

（3）预打结束后，正式进行贯入试验，使用质量63.5kg的穿心锤，以自由下落的方式对贯入器进行持续击打。待贯入深度达30.0cm后，做好锤击数量的记录。如果30.0cm的锤击数量在50击以上，即刻终止测试，记录此时的深度、锤击数^[5]；完成测试后，将贯入器上提，同步取出受干扰的土体，详细观察土体湿度、颜色等情况，并展开和钻探资料、其他结果的比照。

(三) 应用效果

1. 岩土体参数

（1）本工程在静力触探试验中，选取粉质黏土、黏质粉土、砂质粉土作为对象展开，共计完成12个测孔的检测（见下表1）。分析显示，黏质粉土的锥尖阻力和室内试验抗剪强度保持一致，砂质粉土界面和钻孔分层结果高度相似，黏质粉土的锥尖阻力和锤击数量存在线性关系。

表1 静力触探试验结果

土层	样本量	锥尖阻力 (MPa)	侧壁摩阻力 (kPa)	摩阻比
粉质黏土	17	0.7~1.5	9~24	0.9~1.9
黏质粉土	31	1.1~2.7	14~34	0.7~1.4
砂质粉土	23	2.9~5.4	29~59	0.4~1.1

（2）重型圆锥动力触探试验对象为杂填土、碎石填土、黏质粉土素填土，共计进行有效测试12组（见下表2）。进一步分析，杂填土、碎石填土的 N_1 均值存在较大差异，需换填处理；黏质粉土素填土的密度中等，可用作临时地基。

表2 重型圆锥动力触探试验结果						
土层	样本量	锤击数量 (击)	N ₁ 均 值	标准差	变异系 数	承载力 标准值 (kPa)
杂填土	5	2.9~5.4	4.1	0.7	0.18	119
碎石填土	3	8.4~9.9	9.1	0.4	0.04	196
黏质粉土 素填土	7	4.7~7.1	5.9	0.6	0.11	128

(3) 标准贯入试验对象选取粉质黏土、黏质粉土，有效测试共计280次（见下表3）。分析表明，黏质粉土的N₂均值为11.4，说明该土层具有较高的密实度；和粉质黏土的变异系数相比，黏质粉土更高，说明该土层内含的粉土薄层是造成土层力学参数异常的关键因素。

表3 标准贯入试验结果						
土层	样本量	锤击数量 (击)	N ₂ 均 值	标准 差	变异系 数	承载力标准 值(kPa)
粉质黏土	29	6.9~13.1	9.8	1.6	0.16	131
黏质粉土	55	6.9~18.9	11.4	2.4	0.21	141

2. 勘察效率和成本控制

结果显示，和单一的钻探、室内试验相比，本工程所用3种方法的勘察效率提升了45.0%，数据获得时长缩短了26天，且勘察费用也降低了30.0%，进一步论证了原位测试技术的应用成效。

三、结语

文章在某工程地质勘察中使用原位测试技术，得出结论如下：（1）标准贯入试验可量化处理粉质黏土、黏质粉土密实度，静力触探试验在土层界面的识别上作用显著，重型圆锥动力触探试验可精准评估填土层是否均匀、力学情况；联合开展这3种测试，可提高勘察效率，减少勘察成本。（2）在未来，地质勘察应积极引入多种技术，全方位勘察复杂地质，进一步提升勘察数据的精准度。

参考文献

[1] 李浩源. 矿山岩土工程地质勘察中的原位测试技术分析[J]. 中国金属通报, 2024(16): 141-143.
[2] 段文轩. 原位测试技术在岩土工程地质勘察中的应用分析[J]. 工程与建设, 2024, 38(4): 798-799, 802.
[3] 莫云凯. 原位测试技术在水利工程地质勘察中的应用研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(20): 141-144.
[4] 何林暄. 岩土工程勘察中的原位测试技术及其应用[J]. 工程建设与技术, 2025, 3(7)22.
[5] 牛欢, 陈亮, 汪奇, 等. 岩土工程地质勘察中的高新技术——以原位测试技术为例[J]. 中国科技信息, 2025(4): 61-63.