基于激光测距的标贯自动记录系统研究

张波
广东省深圳市勘察测绘院（集团）有限公司，广东深圳，518028

关键词：激光测距；标贯；地质钻探；自动记录系统

随着现代工程技术的发展，地质勘探和钻探作业在土木工程、矿业开采等领域中扮演着至关重要的角色。然而，传统的地质钻探作业存在着效率低下、安全隐患较多、数据采集不准确等问题，亟待解决。为了提高地质钻探作业的效率和安全性，笔者旨在探讨基于激光测距技术的标贯自动记录系统的设计与应用，以期为地质勘探行业的现代化和智能化发展提供有益的借鉴。这一新兴技术的引入有望为地质勘探行业带来革命性的变革。标贯自动记录系统基于激光测距技术，可以实现对地层结构的高精度测量和数据记录。相较于传统手动记录，自动记录系统能够提高作业效率，减少人力投入，并降低因人为因素而导致的数据不准确的可能性。基于激光测距技术的标贯自动记录系统的设计和应用，将为地质勘探行业的现代化和智能化发展提供有益的经验和范例。通过更高效、更安全、更精准的数据采集和记录，这项技术有望推动地质勘探作业朝着更先进、更可持续的方向发展，为相关行业带来显著的进步和改善。

1　标准贯入试验设备及方法简介

标准贯入试验（standard penetration test，SPT，简称“标贯”）是动力触探的一种，是在现场测定砂或粘性土的地基承载力的一种方法。

标准贯入试验的设备主要由标准贯入器、触探杆和穿心锤 3 部分组成。触探杆一般用直径为 42 mm 的钻杆，穿心锤重 63.5 kg。

标准贯入试验试验方法为钻具钻至试验土层标高以上约 15 cm 处，以避免下层土受扰动，取出钻具，放入标准贯入试验设备至试验标高。用 63.5 kg 的穿心锤，自 76 cm 的高度自由落下，将对开管式标准贯入器（对开管外径 51 mm，内径 35 mm，长度大于 457 mm，下端接长度为 76 mm、刃角 18°～20°，刃口端部厚 1.6 mm 的管靴，上端接钻杆）击入土层中 15 cm，以后每打入土层 30 cm 的锤击数，即为标准贯入实测锤击数，由此判别土层的变化和土的工程性质。

2　传统标准贯入试验存在的问题

传统地质钻探作业中，标贯测试是一项重要的土工试验，用于评估土壤的物理力学性质和岩石的强度特性(张金昌等，2022)。在标贯测试过程中，记录标贯击数是关键的环节之一，因为它直接影响着后续试验数据的准确性和可靠性。然而，传统的标贯自动记录系统存在以下问题：

（1）锤击数为人工计数，易产生错误。

（2）贯入深度采用人工手工刻划的方式，易产生误差。

（3）人工读取的锤击数为整数，不能精确到小数位，与工程实际不相符。

（4）人工测量的标准贯入试验深度与规范要求的标准贯入试验深度往往不相符。

（5）存在弄虚作假的可能。常见的有：编造试验数据、试验位置偏离要求、贯入深度不够等行为。

（6）业主对标准贯入试验数据真实性表示质疑的时候，勘察单位举证力度不够。

（7）数据记录模式落后、原始，仍为纸质版，这就导致现场试验员和室内技术人员沟通脱节，一旦出现异常数据不能及时发现、处理，同时纸质版的记录模式也大大增加了后期数据录入的工作量及录入过程中发生错误的可能，严重阻碍勘

收稿日期：2023-12-10；改回日期：2024-02-05；责任编辑：李明。DOI：10.16509/j.georeview. 2024. s1. 178
作者简介：张波，男，汉族，1982 年生，水文与水资源工程专业，工学学士，主要从事岩土工程勘察技术研究工作；Email: 27450696@qq.com。

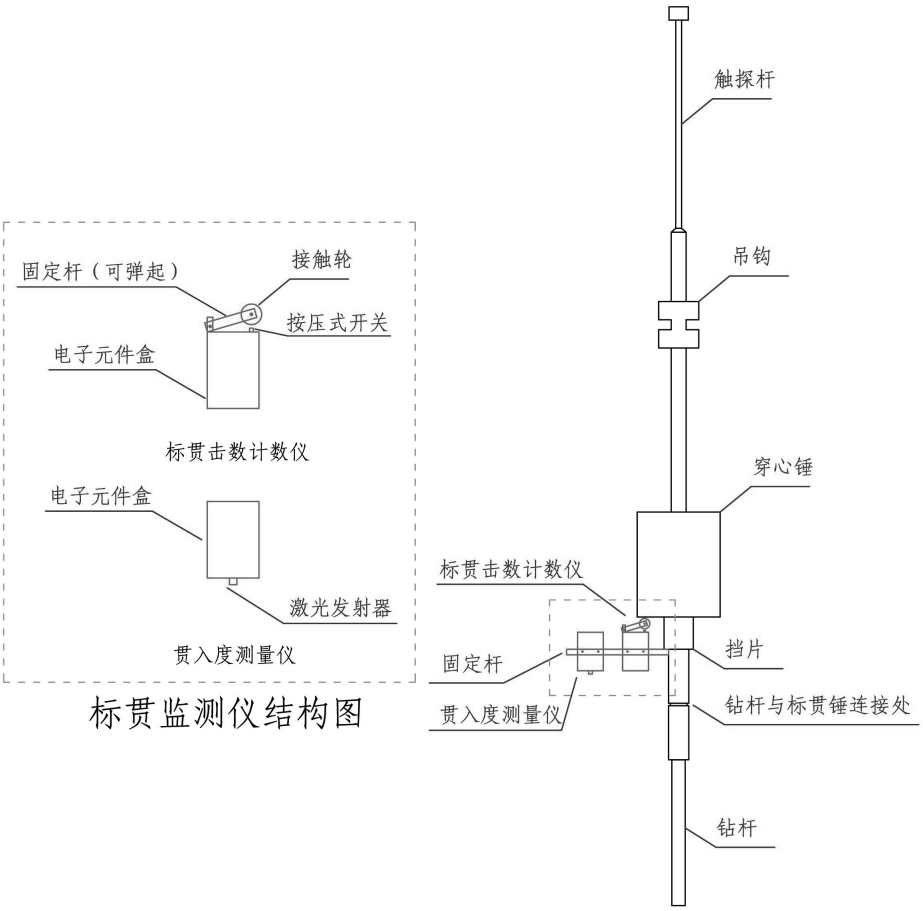

图 1　标贯监测仪安装及结构详图

察工作自动化和勘察数据信息化进程（陈剑铭等，2023）。

3　标准贯入试验自动记录系统结构及原理说明

标准贯入试验自动记录系统由标贯监测仪、数据盒、服务器软件平台三大部分组成，其中标贯监测仪又进一步划分为贯入度测量仪、标贯击数计数仪等 2 个模块；数据盒内部由数据处理器、GPS 定位仪、数据无线传输器、网络天线、锂电池等 5 个组件组成，数据盒内部下敷架空防水固定板，数据盒后侧身设工作状态多色指示灯 1 个、数据线接口（防水）4 个、USB 数据接口 1 个；数据盒本身“三防”、加锁。服务器软件平台可以和数据盒进行双向数据传输，数据盒数据实时上传到服务器，服务器端可以远程对数据盒进行调试、参数设置及软件系统升级标贯，监测仪安装及结构详图如图 1 所示。

标贯监测仪工作原理如下：

（1）贯入度的监测，基于激光测距技术完成，由击打前后贯入度测量仪距离地面的高度差得出；

（2）标贯击数的监测过程为空心锤落下击打标贯击数计数仪上的接触轮，接触轮继续下落击打按压式计数开关，空心锤升起后连接接触轮的弹杆会自动弹起，计数开关也自动弹起，从而完成一次计数，接触轮的作用为保护计数仪弹杆、计数开关，延长设备使用寿命；

（3）数据处理器在累计贯入度超过 45 cm 时，立即停止计数，并对初始 15 cm 及后续 30 cm 的锤击数进行计算，以使各段实测锤击数精确到小数点位。

4　标准贯入试验自动记录系统操作流程

（1）安装监测仪，连接数据盒，调试设备。

（2）新建测试钻孔，服务器对现场 GPS 定位发回的坐标集合设计钻孔布置图进行运算得出钻孔编号，也可以手动输入钻孔编号。

（3）新建标贯点，输入标贯起始点深度。

（4）按“清零”按钮，告知系统标贯起始位置，并对标贯击数进行清零。

（5）开始锤击，每锤击一次，空心锤都会压动计数器开关一次，从而实现标贯自动计数，贯入度测量仪都会由激光测得一个贯入度。

（6）重复锤击，当贯入度超过 45 cm 时，系统会立即停止读数，同时数据盒多色指示灯会亮起对应颜色的指示灯，提示试验结束，这时即使继续锤击，系统也不会继续读数。

（7）检查数据是否合理，若不合理，分析原因，若合理则结束试验。

（8）关闭数据盒电源，拆下标贯器及本系统组件。

5 标准贯入试验自动记录系统创新与优点

（1）本系统采用电子计数器自动计数，避免了传统模式人工计数可能发生的错误。通过电子计数器的自动记录，可以确保试验数据的准确性和可靠性，提高了试验结果的可信度。

（2）本系统采用激光自动测距，避免了传统模式人工手工刻划贯入深度产生的误差，大大提高了贯入度测量的精确度。通过激光测距技术，能够实时准确地获取贯入深度数据，进而得到更精确的锤击数，为后续分析提供了更可靠的基础。

（3）本系统可以实时远程监控标准贯入试验的全过程，并留有不可更改的原始数据，保证了勘察单位可以更充分地举证标准贯入试验数据的真实性。远程监控和原始数据的保留，有助于监督和审核试验过程，确保数据的可信度和完整性。

（4）本系统试验数据可以实时传送至服务器，技术人员和管理人员在室内就可以实时调取试验数据进行分析。通过实时数据传送，可以及时发现异常试验数据并与现场试验员进行沟通，保证了试验和试验数据的真实性和可靠性，提高了数据处理的效率。

（5）本系统采用 GPS 定位，保证了标准贯入试验是按照任务书要求在指定位置进行。通过 GPS 定位，可以确保试验在正确的位置进行，再通过软件平台自动录入项目数据库，减少了数据录入的工作量，避免了人工录入可能造成的错误。这有助于推动勘察工作的自动化和勘察数据信息化的进程，提高了勘察工作的效率和准确性。

参 考 文 献 / References

陈剑铭, 孟义泉, 任启伟. 2021. “地质云”在钻探领域的应用. 钻探工程, 48(S1): 412~417.

陈剑铭, 孟义泉, 任启伟. 2023. 基于地质云 3.0 的钻探技术信息化建设. 钻探工程, 50(S1): 549~554.

张金昌, 尹浩, 刘凡柏, 黄洪波, 梁健, 王瑜, 吴敏, 陶士先. 2022. 自动化智能化地质岩芯钻探技术装备研发与应用. 地质论评, 68(4): 1382~1392.

谢文卫, 张金昌, 冉恒谦. 2013. 矿产资源勘查中钻探新技术的应用. 地质论评, 59(z1): 974~976.

ZHANG Bo: Standard automatic recording system research based on laser ranging

Keywords : laser ranging; standard penetration; geological drilling; automatic recording system