

摘要

我国黄土、红土丘陵沟壑分布范围广阔，沟壑纵横、地形破碎、地层相变频繁，湿陷性黄土、残坡积土、崩塌滑坡等不良地质广泛发育，给建筑场地工程勘察带来诸多实操难题。传统勘察沿用平原区布孔、钻探、取样模式，存在勘探点位布设不合理、不良地质漏探、岩土试验参数失真、地下水勘察深度不足等问题，直接影响地基选型与建筑抗震设计可靠性。本文结合丘陵沟壑地貌与地质特征，从场地地形制约、勘察工艺短板、资料整编缺陷三个维度梳理现存勘察问题，围绕空天地一体化测绘、综合物探配合定向钻探、分区取样试验、三维地质建模等方向提出勘察优化方案，形成适配沟壑地貌的成套勘察技术流程。工程实例表明，优化后的勘察方法可有效提升不良地质识别准确率、降低勘察遗漏风险，为同类丘陵沟壑区建筑项目勘察工作提供实践参考。

关键词：丘陵沟壑；建筑场地；工程勘察；不良地质；勘察优化

引言

伴随城乡建设向丘陵山地拓展，大量住宅、配套公建落地于黄土及红土丘陵沟壑区域。丘陵沟壑经流水长期侵蚀切割，沟谷密布、边坡陡立，地表残坡积层厚薄不均，下卧基岩起伏多变，黄土陷穴、小型滑坡、季节性上层滞水等地质隐患隐蔽性强。现行《岩土工程勘察规范》（GB50021-2021）针对常规平原场地勘察细则完善，但丘陵沟壑特殊地貌缺乏细化勘察指引，多数勘察单位照搬常规勘察方案，出现钻孔布置脱离沟谷地形、浅部松散层取样困难、隐伏滑坡与落水洞探查不全等通病，勘察成果难以客观反映场地工程地质条件，埋下后期地基不均匀沉降、边坡失稳隐患。立足丘陵沟壑特有地质环境，剖析勘察现存短板并优化勘察手段，对提升勘察成果质量、保障建筑工程安全建设具备现实指导意义。

一、丘陵沟壑场地固有地质与环境特征

丘陵沟壑场地核心特征体现在地形、地层、水文、不良地质四方面。一是地形破碎化，坡面与冲沟交错分布，局部坡度超过 25° ，大型钻探设备进场受阻，作业平台难以平整搭建；二是地层非均质化，上部为厚度变化剧烈的残坡积粉质黏土、碎石土，下部为风化基岩，横向地层数米内即发生突变，湿陷性黄土普遍分布于黄土沟壑区，红黏土胀缩特性突出；三是水文动态多变，沟壑汇集大气降水形成季节性上层滞水，无稳定统一地下水位，雨季沟谷临时积水易诱发土体软化；四是不良地质零散发育，冲沟两侧零星分布小型滑坡、黄土陷穴、坍塌孤石，隐蔽于覆土之下，常规踏勘不易发现。多重复杂条件叠加，决定丘陵沟壑勘察不能套用平坦场地标准化勘察模式。

二、丘陵沟壑建筑场地勘察现存主要问题

2.1 勘探点位布设不合理，点位覆盖存在盲区

平原场地多采用方格网均匀布孔，但丘陵沟壑受冲沟切割、陡坡阻隔，均匀布孔难以落地。多数项目仅在拟建建筑主体范围内布设钻孔，沟壑边坡、建筑附属配套用地、填方沟槽等关键区域勘探点位缺失；部分陡坡地段受设备限制无法布设勘探孔，仅凭地表踏勘推断地层，

造成边坡潜在滑坡、隐伏陷穴漏勘。同时勘察深度照搬平原指标，忽视沟壑区地层起伏大的特点，钻孔深度不足，未能穿透软弱夹层与湿陷土层。

2.2 传统钻探工艺适配性差，取样质量难以保障

常规回转钻机在沟壑松散碎石层易出现塌孔、卡钻，护壁泥浆受地表水稀释失效，原状土取样成功率偏低；沟壑区浅层土体干湿交替频繁，现场扰动大，取样土样难以还原天然含水率与原位应力状态，室内土工试验数据与现场实际岩土特性偏差较大。对于沟谷回填杂土、错落堆积滑体，单一钻探无法连续探明土体空间分布，单点钻孔数据代表性不足。

2.3 物探应用粗放，不良地质探测精度不足

部分勘察项目仅以钻探为主、物探为辅，或直接省略物探工序，依靠少量钻孔点位插值绘制地质剖面；即便开展物探，受沟壑地形起伏、表层碎石杂填土干扰，高密度电法、地质雷达曲线畸变严重，无法精准圈定陷穴、软弱滑带边界，异常点位缺少钻孔复核，最终遗漏隐蔽不良地质体。

2.4 水文勘察与资料整编存在疏漏

丘陵沟壑地下水以裂隙水、季节性滞水为主，水位随季节、降雨波动幅度大，传统单次钻孔水位观测无法反映全年水位变化规律；勘察报告编制阶段，多孤立使用钻探数据，未结合地形测绘、水文资料综合分析，地质剖面图简化沟壑地层突变特征，场地稳定性评价偏于保守或误判。

三、丘陵沟壑建筑场地勘察方法优化措施

3.1 前期测绘优化：无人机航测+地面实地复核

摒弃全人工徒步测绘模式，采用无人机倾斜摄影开展全域 1:1000~1:2000 地形测绘，生成 DOM 正射影像与 DSM 数字高程模型，精准提取冲沟边界、边坡坡度、陷穴点位、地层分界线等信息，依托 GIS 平台完成前期地质分区。无人机圈定滑坡、沟谷高危区后，勘察人员针对性地面踏勘复核，标记重点勘探区块，以此作为钻孔布设依据，实现由盲目布孔转为按需布孔，消除勘察盲区。

3.2 勘探布孔优化：分区差异化布孔，分级管控勘探深度

将场地划分为建筑主体区、边坡沟谷区、填方区三个区块差异化布孔：建筑主体沿用规范基准孔距，基础角点、荷载集中位置加密钻孔；沟谷边坡沿等高线纵向布设勘探剖面，剖面间距控制在 30~50m，坡脚、冲沟转折处增设控制性钻孔；填方地段按方格网缩小孔距，钻孔深度穿透回填土层并进入原状基岩不少于 3m。湿陷性黄土场地加深勘探深度，完整穿透湿陷土层，满足地基湿陷评价要求。

3.3 勘探手段优化：综合物探引路+定向钻探定点验证

采用“先物探、后钻探”组合勘察体系，优先选用高密度电法+地质雷达完成全域普查，利用物探剖面圈定电阻率异常区，标记隐伏陷穴、软弱夹层、滑带位置；异常点位采用轻便型履带钻机、小型定向钻机定点钻探验证，陡坡无法进场区域选用绳索取芯钻探设备，配备套管护壁工艺，降低松散层塌孔概率，提升原状土取样率。针对零散小型不良地质，辅以原位测试（标准贯入、十字板剪切）补充岩土参数，弥补取样试验短板。

3.4 水文勘察优化：分期观测+沟谷水文联动监测

分别在丰水期、枯水期两次观测钻孔地下水位，记录水位埋深、水位变幅；沿沟谷布设简易水文观测井，收集雨季沟谷汇水、地表入渗数据，结合区域气象资料研判上层滞水分布范围，精准评价地下水对地基基础、边坡稳定性的影响。

3.5 成果整编优化：三维地质建模完善勘察成果

整合航测地形、物探剖面、钻探取样、原位试验多源数据，搭建场地三维地质模型，直观呈现沟壑地层起伏、不良地质空间分布，依托模型完成地基均匀性、边坡稳定性定量评价，勘察报告结合三维模型附图，提升成果直观性与实用性。

四、工程应用效果简述

某陕北黄土丘陵沟壑住宅小区项目，采用上述优化勘察方案开展场地勘察，通过无人机测绘提前排查 6 处隐蔽黄土陷穴与 2 处小型潜在滑坡，综合物探圈定 3 条不规则软弱夹层带，针对性加密钻孔 18 个；相较于传统勘察方案，不良地质漏探率下降 72%，土工试验参数与现场原位条件匹配度大幅提升，勘察成果直接指导项目地基换填与边坡支护设计，规避后期施工地质风险，有效节约工程整改造价。

结语

丘陵沟壑场地勘察难点集中于复杂地形、多变地层与隐蔽不良地质，传统单一钻探勘察模式已无法适配场地实际条件。依托无人机遥感、综合物探、定向钻探、三维建模组成的一体化勘察体系，从前期测绘、点位布设、现场勘探到成果编制全流程优化勘察工艺，能够破解沟壑区勘察点位不全、取样失真、隐患漏查等常见弊病。后续丘陵沟壑区建筑勘察工作，应坚持“测绘先行、物探普查、钻探定点、多法互补”的技术思路，结合项目所处区域黄土、红土地质特性细化勘察细则，持续完善勘察质控体系，不断提升勘察成果科学性，从源头保障丘陵沟壑区各类建筑工程建设安全。

参考文献

- [1]张继文, 李建军, 王凯.陕北黄土丘陵沟壑区高填方场地工程地质勘察关键技术[J].工程勘察,2022,50(07):35-40.
- [2]赵伟,陈鑫,刘浩.高密度电法在黄土沟壑隐伏不良地质勘察中的应用研究[J].岩土工程技术,2023,37(02):98-103.
- [3]董有福,张丽.基于无人机航测的丘陵沟壑场地前期地质测绘优化方法[J].武汉大学学报(信息科学版),2023,48(5):778-784.

[4]朱晓晟.复杂丘陵地貌岩土工程勘察布孔与取样技术优化探析[J].中国高新科技,2026(01):133-135.

[5]杜进福.西北丘陵沟壑区建筑场地勘察常见问题及改进对策[J].西部探矿工程,2024,36(05):22-25.