

复杂地层地基均匀性勘察要点分析

杨 静

中土大地国际建筑设计有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 复杂地层地质成因复杂、岩性多变,给地基均匀性勘察带来挑战。本文分析软土与硬土交互、破碎岩层等常见复杂地层特征及勘察难点,如空间分布难识别、参数获取不准确等。构建包含地质调查、物探、钻探等方法的勘察体系,阐述评价指标体系构建、均匀性分级及多源数据融合等评价要点,提出勘察阶段精细化分工、应用新技术及强化质量控制等优化建议,为复杂地层地基勘察提供参考。

关键词: 复杂地层;地基均匀性;工程勘察

引言:在工程建设中,地基均匀性至关重要,其直接影响建筑物的稳定性与安全性。然而,复杂地层因其地质成因复杂、岩性多变、物理力学性质差异显著等特点,使得地基均匀性差异较大。准确识别复杂地层特征、攻克勘察技术难题、构建科学的勘察方法体系以及合理评价地基均匀性,成为保障工程建设质量的关键。本文将围绕复杂地层地基均匀性勘察要点展开深入分析。

1 复杂地层特征与勘察难点分析

1.1 复杂地层的常见类型

复杂地层是因构造运动产生的压力、张力、剪切力及扭力作用于岩层,导致褶皱、断裂等破坏形成的地质构造类型,对硬或中硬脆性岩石破坏尤为显著。软土与硬土交互地层广泛分布于沿江沿海区域,软土具有高含水量、低强度、高压缩性特征,硬土夹层厚度及分布极不规则,易导致地基受力不均。破碎岩层地层多受构造运动影响,岩体裂隙发育、完整性差,岩块大小混杂,存在软弱结构面及渗水通道^[1]。填土与原生地层组合地层常见于城市改造区域,填土成分复杂,含建筑垃圾、生活垃圾等,压实度不均且厚度变化大。还有岩溶发育地层、黄土湿陷性地层、冻土与非冻土交替地层等,各类地层因成因不同,在空间分布、力学性能上呈现显著异质性,给地基勘察及均匀性评价带来基础挑战,需针对性识别其核心特征。

1.2 勘察技术难点

复杂地层勘察面临诸多技术难题,核心痛点集中在空间分布识别、参数获取准确性及干扰因素排除等方面。首先,地层空间变异性大,夹层状分布,常规勘察点位难以全面覆盖,易遗漏局部软弱夹层或硬土凸起,导致勘察结果与实际地层存在偏差。其次,特殊地层物理学参数获取难度高,如软土夹层易因勘察扰动发生结构破坏,破碎岩层裂隙水易影响原位测试数据,填土地层

成分不均导致试验结果离散性大。再者,勘察方法适用性受限,单一勘察技术难以适配多元地层组合,如地球物理勘探在岩土界面模糊区域易出现误判,钻探在岩溶发育区易发生塌孔、卡钻。同时,复杂地形、周边建筑干扰及环境约束,进一步增加了勘察作业难度,需突破多技术协同应用及干扰排除的技术瓶颈。

2 复杂地层地基均匀性勘察方法体系

2.1 地质调查与测绘

地质调查与测绘是复杂地层勘察的基础环节,旨在通过地表调查及测绘梳理地层分布规律,为后续勘察工作提供依据。作业中需结合区域地质资料,开展地表露头观测、地形地貌测绘及地质构造调查,精准记录地层岩性、厚度、产状及接触关系,识别断层、裂隙、岩溶等不良地质现象。采用全站仪、无人机等设备进行高精度测绘,构建地表地质模型,标注不良地质区域的分布范围及发育程度。针对隐蔽性较强的复杂地层,需通过走访调研、地下管线探测等补充手段,完善地质背景资料。结合水文地质调查,明确地下水类型、水位变化及渗透特征,分析地下水对地层稳定性的影响。该环节需注重细节把控,通过全面收集地表及浅层地质信息,为后续地球物理勘探、钻探等工作划定重点区域,提高勘察效率及针对性,为地基均匀性分析奠定基础^[2]。

2.2 地球物理勘探技术

地球物理勘探技术作为复杂地层勘察的非侵入性手段,凭借高效、全面的优势广泛应用于地基均匀性探测。常用技术包括电阻率法、地震折射波法、地质雷达法等,需根据地层特性选择适配方法。电阻率法通过检测地层导电性能差异,识别软土、硬土、破碎岩层及地下水分布,对填土与原生地层分界识别效果显著。地震折射波法利用波速差异判断地层厚度、岩性及完整性,适用于深层复杂地层的界面划分。地质雷达法凭借高频电磁波

反射特性,可精准探测浅层地层的夹层分布、裂隙发育及岩溶空洞,分辨率较高。实际应用中需结合多种物探技术,弥补单一方法的局限性,同时应对复杂地形、地下管线等干扰因素,通过数据校正提高探测精度。物探结果可为钻探点位布置提供指导,实现“先物探后钻探”的高效勘察模式,为地基均匀性分析提供空间分布数据。

2.3 钻探与原位测试

钻探与原位测试是获取复杂地层实际物理力学参数的核心手段,直接影响地基均匀性评价的准确性。钻探作业需根据地层特性选择合适的钻探工艺,地下水位以下饱和粉土、砂土,宜采用回转钻进方法;粉、细砂层可采用活套闭水接头单管钻进;中、粗、砾砂层可用无泵反循环单层岩芯管回转钻进,确保岩芯采取率,精准记录地层厚度、岩性及分层情况。原位测试需结合地层条件选用对应的测试方法,静力触探试验可快速获取软土、粘性土的承载力、压缩模量等参数,适用于土层均匀性检测;标准贯入试验常用于砂土、粉土及一般黏性土,评价地层密实度及承载力;十字板剪切试验可测定土的不排水剪的抗剪强度和残余抗剪强度,避免试样扰动带来的误差。测试过程中需严格控制点位间距及深度,确保数据覆盖全面,同时做好测试记录与数据整理,结合钻探成果验证测试数据的可靠性,为后续室内试验及参数分析提供精准的现场数据支撑。

2.4 室内试验与参数分析

室内试验与参数分析是复杂地层地基均匀性评价的关键环节,通过对钻探获取的试样进行系统试验,提炼地层核心力学参数。试验内容包括物理性质试验、力学性质试验及水理性质试验,物理性质试验测定试样的含水量、密度、孔隙比等指标,力学性质试验检测抗压强度、抗剪强度、压缩系数等参数,水理性质试验分析地层的渗透性、湿陷性等特性。针对复杂地层试样易扰动的特点,需采用密封取样、快速送检等措施,确保试样保持天然状态。参数分析阶段需对试验数据进行统计整理,剔除异常数据,结合现场原位测试结果及地质背景,修正试验参数,确保参数符合实际地层条件。通过参数分布特征分析,判断地层物理力学性质的空间变异程度,为地基均匀性评价提供量化依据,助力精准识别地基不均匀区域及潜在风险。

3 地基均匀性评价关键点

3.1 评价指标体系构建

地基均匀性评价指标体系构建需兼顾科学性、系统性及实用性,涵盖物理性质、力学性质及空间分布三类核心指标。物理性质指标包括含水量、密度、孔隙比等,反

映地层天然状态的均匀程度,如软土地层含水量变异系数超过限值时,可判定为不均匀区域。力学性质指标核心为承载力、压缩模量、抗剪强度,直接决定地基承载能力的均匀性,是评价的核心指标,需通过原位测试及室内试验数据量化^[3]。空间分布指标包括地层厚度变异系数、岩性界面起伏程度、夹层分布密度等,反映地层在空间上的分布规律,如夹层厚度突变区域需重点标注。指标体系需结合工程类型、地层特性调整权重,对重要工程适当提高力学性质指标权重,同时明确各指标的测试标准及计算方法,确保评价过程规范统一,为后续均匀性分级及多源数据融合分析提供清晰的评价依据。

3.2 均匀性分级标准

均匀性分级标准是地基均匀性评价的核心依据,需结合复杂地层特性及工程实际需求制定,通常分为均匀、较均匀、不均匀三个等级。均匀等级要求地层岩性单一、物理力学参数变异系数小,空间分布连续稳定,无明显软弱夹层及不良地质现象,可满足各类工程地基设计需求。较均匀等级允许地层存在少量薄夹层,参数变异系数在合理范围,夹层对地基承载能力影响较小,经简单处理后可适配工程需求。不均匀等级表现为地层岩性多变、参数离散性大,存在厚层软弱夹层、岩溶空洞等不良地质,易导致地基沉降不均,需针对性采取加固措施。分级过程中需结合多源数据,综合考虑指标达标情况,同时兼顾工程重要性调整分级阈值,确保分级结果贴合实际工程场景,为地基处理方案制定提供依据。

3.3 多源数据融合分析

多源数据融合分析是复杂地层地基均匀性评价的关键技术,旨在整合地质调查、物探、钻探、原位测试及室内试验等多维度数据,提升评价准确性。首先需对各类数据进行预处理,剔除异常数据,统一数据格式及坐标体系,确保数据兼容性。采用加权融合法结合各数据来源的可靠性分配权重,如钻探及原位测试数据可靠性高,赋予较高权重;物探数据作为补充,赋予对应权重。通过地理信息系统(GIS)构建三维地层模型,将多源数据叠加可视化,清晰呈现地层空间分布、参数变化及不良地质区域位置。同时结合数值模拟技术,利用融合数据模拟地基受力及沉降情况,验证均匀性评价结果的合理性。多源数据融合可弥补单一数据的局限性,有效解决复杂地层信息碎片化问题,为精准识别地基不均匀区域、优化评价结果提供技术支撑。

4 复杂地层勘察技术优化建议

4.1 勘察阶段精细化分工

复杂地层勘察需实施精细化阶段分工,按前期准备、

初步勘察、详细勘察、施工勘察四阶段推进，确保各环节衔接有序、重点突出。前期准备阶段梳理区域地质资料、工程需求及环境条件，制定针对性勘察方案，明确各阶段技术要求及质量标准。初步勘察阶段通过地质调查、物探技术，大范围查明地层分布规律、不良地质现象的大致范围，划分勘察区域等级，为详细勘察划定重点区域。详细勘察阶段聚焦重点区域，加密钻探及原位测试点位，精准获取地层参数，开展地基均匀性评价，为地基设计提供核心数据。施工勘察阶段配合工程施工，针对开挖过程中发现的地层异常情况，补充勘察测试，验证前期评价结果，优化地基处理方案。各阶段需明确责任分工，建立数据交接机制，确保勘察数据连续可追溯。

4.2 新技术应用前景

新技术的应用为复杂地层勘察提供了更多解决方案，显著提升勘察精度及效率，具有广阔应用前景。无人机航测结合三维建模技术，可快速完成大范围地质测绘，构建高精度地表及浅层地质模型，适配复杂地形勘察场景。分布式光纤传感技术可实时监测地层变形及应力变化，实现对地基均匀性的动态监测，为工程运营阶段提供数据支撑。人工智能及大数据分析技术可自动处理多源勘察数据，识别数据异常及地层分布规律，优化均匀性评价模型，减少人为误差。另外，高精度地质雷达、多波地震勘探等技术的升级，进一步提升了深层地层及隐蔽不良地质的探测能力。未来需加强新技术与传统勘察方法的融合应用，推动勘察技术向智能化、精准化、高效化发展。

4.3 质量控制与标准化建议

复杂地层勘察作为工程建设的基础性工作，其成果质量直接关系到项目安全与效益，必须强化全流程质量控制，构建标准化作业体系以保障勘察成果的可靠性。在质量控制环节，需构建覆盖全链条的管控机制：严格规范试样采集流程，采用专用取样器具减少扰动，运输过程实施恒温恒湿监控；钻探作业执行“三停三测”标准，每50米进行孔斜校正，原位测试按规范设置重复试

验点；建立设备动态校准制度，对静力触探仪、波速测试仪等关键设备实施每月精度校验，确保数据采集误差控制在 $\pm 2\%$ 以内^[4]。标准化建设方面，应构建“技术标准-操作规范-成果模板”三级体系：编制《复杂地层勘察技术细则》，明确砂土、岩溶、软土等12类地层的针对性勘察方法；统一数据记录格式，开发专用信息管理系统实现原始数据实时上传；制定标准化报告模板，设置数据溯源二维码，实现成果文件全生命周期管理。建立“理论培训+实操考核+案例教学”三维培训机制，要求勘察人员持证上岗，定期组织标准化作业演练。通过质量追溯系统记录钻孔坐标、取样时间、设备参数等20余项关键信息，形成可查询、可追溯的电子档案，为工程质量责任认定提供依据，最终实现勘察成果的标准化交付与智能化应用。

结束语

复杂地层地基均匀性勘察是工程建设的重要基础工作，关乎工程的安全与质量。通过对其特征、勘察难点、方法体系、评价要点的研究，并针对性地提出勘察技术优化建议，能够有效提升勘察的准确性与可靠性。未来，随着新技术的不断涌现与应用，复杂地层勘察将朝着智能化、精准化方向发展。持续完善勘察技术与标准，加强质量控制，将为工程建设提供更有力的支撑，推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]程宪策.N-Jet工法桩在复杂渗透地层防渗加固中的应用[J].价值工程,2026,45(2):165-168.
- [2]韦前锋.复杂地层智慧管控大直径水泥搅拌桩施工技术的研究[J].低碳世界, 2025,15(2):124-126.
- [3]支有,李树繁,蒋鹤,等.复杂沉积环境多层软土地基固结沉降规律研究[J].四川建筑,2023,43(3):164-167.
- [4]姚建平,耿琳,魏少伟,等.潜孔冲击水泥土复合预制桩在复杂地层地基处理中的应用研究[J].铁道建筑,2022,62(1):144-147,157.