

光伏工程施工图设计阶段岩土工程勘测技术分析

邓振业

湖南省地球物理地球化学调查所（长沙勘测院） 湖南 长沙 410004

摘要：光伏工程施工图设计阶段的岩土工程勘测是确保光伏电站安全可靠运行的关键环节。随着光伏产业的迅速发展，岩土勘测技术在精确度和效率方面面临新的挑战。现代化勘测技术与传统勘测方法的结合为光伏工程建设提供了更加全面可靠的地质数据支持。本文深入探讨了光伏工程岩土勘测的核心内容、技术要点以及与施工图设计的协同配合，旨在提供一套完整的岩土工程勘测技术分析方案。研究表明，通过先进勘测技术的应用与多维度数据分析，能够显著提升光伏工程施工图设计的准确性与可靠性。

关键词：光伏工程；岩土勘测；施工图设计

引言

光伏发电作为可再生能源利用的重要形式，在全球能源结构转型中发挥着越来越重要的作用。光伏电站的建设规模不断扩大，建设场地的地质条件也日趋复杂，这对岩土工程勘测提出了更高要求。传统的勘测方法已经难以满足现代光伏工程建设的需求。因此，通过创新技术手段提升勘测精度与效率，确保施工图设计的科学性与合理性，成为当前研究的重点方向。本文将从光伏工程施工图设计阶段的岩土勘测需求出发，深入分析各项勘测技术的应用特点与创新方向。

1 光伏工程施工图设计阶段岩土勘测的主要内容

1.1 地质勘探与土壤调查

光伏工程的地质勘探工作需要针对项目场地的具体特点展开全面调查。现场勘探先要通过卫星遥感影像解译获取场地的宏观地质信息，然后进一步采用工程物探方法对场地进行精细探测，重点关注土层分布、岩层产状、断裂带位置等地质信息。地质勘探的深度通常需要达到光伏支架基础影响深度的1.5倍以上，保证获取完整的地质资料。另外，土壤调查工作主要包括表层土壤的类型判定、物理力学性质测试及化学成分分析。通过标准贯入试验获取土壤的密实度数据，采用直剪试验测定土壤的抗剪强度参数。土壤的腐蚀性分析对于光伏支架基础的防腐设计具有重要指导意义。在土壤调查过程中特别注意季节性变化对土壤性质的影响，采集不同季节的土样进行对比分析。例如，某光伏电站项目在土壤调查阶段发现场地表层为红粘土，具有明显的胀缩特性。

作者简介：邓振业，男，1985年11月，毕业于湖南科技大学，勘查技术与工程，目前就职于湖南省地球物理地球化学调查所（长沙勘测院），职务：项目经理，职称：水工环地质工程师。

通过长期监测发现，雨季时土壤含水量增加，土壤强度明显降低，这对支架基础的设计提出了特殊要求^[1]。

1.2 地基承载力测试

光伏支架基础的设计直接依赖于地基承载力特征值的确定，承载力测试采用静力触探、标准贯入及平板载荷试验等多种方法综合确定。静力触探试验通过测量贯入阻力确定土层的强度特征，标准贯入试验则通过击数反映土层的密实度。平板载荷试验能够直接获取地基的承载力-沉降关系曲线，为基础设计提供最直接的依据。注意在承载力测试过程中重视测点的合理布置，保证测试数据具有代表性。对于地质条件变化较大的场地，适当加密测点以掌握承载力的空间分布规律。测试过程中严格控制试验操作规范，保证数据的可靠性。同时考虑季节性因素对承载力的影响，在不同季节进行多次测试以获取最不利工况下的承载力值。

1.3 地下水位与地下水流动性分析

地下水情况对光伏电站的运行安全具有重要影响，地下水位监测利用布设观测井并进行长期跟踪，掌握地下水位的动态变化规律。观测井的布设要充分考虑场地的水文地质条件，在地下水补给区和排泄区都要布设监测点。通过测压管监测承压水的水压变化，评估其对基础稳定性的影响。地下水流动性分析主要有：渗透系数测定、流向判断及水质分析等内容。现场渗水试验能够获取土层的渗透系数，为基础防渗设计提供依据。然后利用多个观测井的水位对比分析确定地下水流向，评估其对场地稳定性的影响。水质分析重点关注地下水对混凝土结构的腐蚀性，通过采样化验确定水质类型及腐蚀性指标。

1.4 土壤稳定性分析

光伏电站场地的土壤稳定性直接关系到工程的长期

安全运行,稳定性分析先要识别场地存在的不良地质作用,如滑坡、崩塌、地面沉降等。通过现场调查和室内试验确定土体的物理力学指标,建立土体稳定性计算模型,例如可采用极限平衡法分析边坡稳定性(考虑降雨地震等不利因素的影响)。

1.5 地震地质灾害风险评估

光伏电站的抗震设计要求较高,要深入开展地震危险性分析。通过收集区域地震资料确定场地的地震基本烈度和设计地震分组。采用地震小波探测技术测定场地的地震波速度,评估场地的地震反应特性。对于地震活动性较强的地区,要进行地震液化判别分析评估地震作用下的场地稳定性。地质灾害风险评估可通过遥感影像判读识别区域内的地质灾害隐患点,评估其对工程的潜在影响。场地地质灾害预测要充分考虑工程建设引发地质灾害的可能性,提出预防和治理措施。对于可能发生的地质灾害,在施工图设计阶段就要考虑相应的防治工程^[2]。

1.6 土壤与岩层的物理与力学性质测试

土壤与岩层物理力学性质的精确测定对光伏工程设计具有重要意义,物理性质测试主要包括含水量、密度、孔隙比等基本指标的测定。采用环刀法取样测定天然含水量与密度,通过比重瓶试验测定土粒比重。颗粒分析采用筛分与密度计法相结合的方式,获取土壤的级配特征。岩石物理性质测试则重点关注岩石的密度、吸水率及软化系数等指标。力学性质测试采用室内试验与现场测试相结合的方式(固结试验、直剪试验及三轴压缩试验等),获取土体的压缩性以及强度及应力-应变特征。例如某大型光伏电站项目在勘测过程中发现基岩风化程度较深,通过钻孔取芯获取不同深度的岩石样品进行单轴抗压强度试验,结果表明风化岩与新鲜基岩的强度差异显著,这直接影响了基础形式的选择。

2 岩土工程勘测技术分析

2.1 地质钻探与取样

地质钻探是岩土工程勘测最基本最重要的手段,钻探设备的选择要根据场地地质条件确定,软土地层多采用轻便钻机,硬质岩层则需要采用重型钻机。钻探过程中严格控制钻进工艺参数,保证钻孔质量。取样工作尤为关键,无扰动取样能够最大程度保留土体的原状结构。针对不同性质的土层采用不同的取样器,如软土层采用薄壁取土器,砂性土采用双管取土器。岩心采取率是衡量钻探质量的重要指标,钻探过程中详细记录地层变化特征。岩土分层描述要规范准确,每个钻孔都要绘制详细的钻孔柱状图。通过多个钻孔资料的对比分析,编制场地工程地质剖面图,直观反映地层的空间分布规律。

2.2 地质雷达与电磁波探测技术

地质雷达探测技术能够快速获取浅层地质信息,特别适合光伏电站场地的大面积勘测。雷达信号在不同介质中传播速度不同,通过接收反射波信号可以判断地层界面的位置。地质雷达探测深度通常能达到5-10米,能够满足光伏支架基础勘测的需要。探测剖面的布置要考虑场地地形特点,保证探测数据的连续性。

电磁波探测技术主要用于识别地下异常体,如岩溶、采空区等。电磁波在传播过程中受到地下介质电性差异的影响,通过分析电磁异常可以推断地下地质结构。现场探测采用网格布点方式,探测数据经过专业软件处理后生成三维地质模型。这种非破坏性探测方法能够很好地补充钻探资料,提高勘测效率^[3]。

2.3 原位测试方法(标准贯入试验、土壤取样试验等)

标准贯入试验是最常用的原位测试方法之一,一方面通过测定贯入锤击数反映土层的密实度,进而推算地基承载力。试验中要严格控制贯入速率,保证数据的准确性。同时要注意修正击数的影响因素,包括钻杆长度、地下水位等。标准贯入试验的优点是操作简单、数据可靠,缺点是仅适用于粗粒土层。另一方面,动力触探试验适用于软土地基勘察,通过锥尖阻力反映土层强度。触探过程中要保持垂直贯入,记录每个深度的贯入阻力值。不同类型土层的贯入阻力存在明显差异,这为地层分层提供了重要依据。土壤取样试验则主要用于获取原状土样,室内试验结果能够验证现场测试数据的可靠性。

2.4 远程监测与数据采集技术

现代化的远程监测系统能够实现勘测数据的实时采集与传输。利用在场地布设各类传感器建立完整的监测网络。监测数据通过无线传输方式实时上传至数据中心,实现对场地地质环境的动态监控。这种自动化监测方式特别适合光伏电站这类占地面积大的工程项目。而数据采集设备的选择要满足全天候工作要求,具备防水、防尘等功能。监测点的布置要科学合理,确保获取的数据具有代表性。监测系统要建立报警机制,当监测参数超过预警值时及时发出警报。通过长期监测数据的分析,掌握场地地质环境的演变规律,为工程设计和施工提供依据。

2.5 数值模拟与地质分析软件的应用

数值模拟技术在岩土工程分析中的作用日益凸显,成为研究和解决复杂地质问题的重要工具。利用建立三维地质模型,利用有限元法对场地的应力和变形特征

进行精确分析,能够全面反映复杂地质条件下的工程响应。模拟过程中,结合多种工况进行深入探讨,分析结果以直观的形式展现潜在的工程地质问题,为施工图设计提供科学依据。此外,地质分析软件的应用极大地提高了勘测数据的处理效率。专业化软件可以快速处理大量原位测试数据,并自动生成多种类型的分析图表,为工程决策提供可靠的数据支撑。同时结合GIS技术进行空间分析,构建场地的工程地质信息系统,使得地质数据的数字化管理成为可能。这些信息系统便于地质数据的存储与更新,为后续工程建设和维护提供持续的技术支持,显著提高工作效率。

3 光伏工程岩土工程勘测与施工图设计的结合

光伏工程施工图设计离不开岩土工程勘测的支撑,二者的紧密结合是保证工程安全性和经济性的关键。通过勘测获取场地地质、岩土层特性及水文条件等重要信息,指导基础设计的优化和施工方案的选择。以下以广州发展台山渔业光伏产业园四期200MWp项目为例,探讨岩土工程勘测报告与施工图设计的协调和其对基础设计的深远影响。

3.1 岩土工程勘测报告与施工图设计的协调

在光伏工程施工图设计阶段,岩土工程勘测报告是指导设计的重要依据。以广州发展台山渔业光伏产业园四期200MWp项目为例,该项目通过详细的岩土工程勘测报告提供了场地地形地貌、地质构造、岩土层特性及水文地质条件的综合信息。勘测过程中,布设了21个勘探点,钻孔间距在100至300米之间,深度覆盖了从地表到基底的所有土层,为后续设计提供了全面的数据支持。报告对地基承载力、土层压缩性以及特殊性岩土等特性的分析,直接影响了基础设计的选择。例如,场地内淤泥层厚度较大,地基承载力较低,因此明确建议采用桩基础而非天然地基,并详细描述了不同桩基础的适用条件及施工注意事项。这些结论为施工图设计阶段提供了明确的指导方向。

岩土工程勘测报告的另一重要功能是与施工图设计相结合。例如,报告明确了基础持力层的选取标准(如砾砂层或全风化花岗岩层),并提供了不同持力层下的承载力特征值。施工图设计中,依据这些数据优化基础设计参数,既确保了工程的安全性,又避免了过度设计导致的浪费。此外报告通过结合水文地质条件,指导设计团队避开可能对工程稳定性产生影响的地质风险,如

软弱土震陷及桩侧负摩阻力^[4]。

3.2 勘测成果对光伏项目基础设计的影响

岩土工程勘测成果对光伏项目的基础设计起到了关键作用,以本项目为例勘测报告揭示了场地内黏土层和淤泥层的物理力学性质较差,压缩性高,无法直接作为持力层使用。同时通过对深层土层特性的分析,报告指出全风化花岗岩层和砾砂层具有较高的承载力,是适宜的持力层选择。这一结论显著影响了基础设计的方案选择。为了满足200MWp光伏项目中光伏支架基础的设计要求,报告提供了详细的持力层参数,如全风化花岗岩的承载力特征值为240kPa,弱风化花岗岩为6500kPa。这些参数直接指导了桩基础设计的深度、桩径及桩型选择。根据这些数据,设计团队进一步明确了适用于该场地的基础形式为锤击式和静压式预应力混凝土管桩,或钻(冲)孔灌注桩。另外,勘测成果还帮助识别了潜在的工程风险,如桩侧负摩阻力对桩体稳定性的影响,并建议在设计中加强承台间地梁的刚度提升上部结构的整体性。报告还提出了多种应对措施,包括泥浆护壁技术和对抗震性能加强建议,来保证桩基础施工的顺利推进。

综上所述,岩土工程勘测成果为基础设计提供了详实的数据支持,通过多角度的分析与施工图设计紧密结合,全面保障了光伏工程的施工安全性。

结语:光伏工程的安全性和经济性依赖于岩土工程勘测与施工图设计的有效结合。通过科学的勘测技术获取详实数据,不仅可以优化基础设计,还能有效规避地质风险,为工程建设提供可靠保障。以广州发展台山渔业光伏项目为例,岩土勘测成果显著提升了基础设计的精确性和施工的可行性,为未来光伏工程提供了宝贵经验。勘测技术的创新与设计的协同将继续推动光伏产业的高效发展。

参考文献

- [1]刘杰.复杂地质条件下岩土工程勘测技术研究[J].中国金属通报,2022,(07):222-224.
- [2]李大龙.岩土工程勘察中的综合勘察技术研究[J].全面腐蚀控制,2022,36(04):14-15+30.
- [3]邵超.测量在岩土工程勘测中的应用研究[J].质量与市场,2021,(08):63-64.
- [4]龙森,罗森文.岩土工程勘察技术常见问题和解决措施探讨[J].世界有色金属,2020,(07):292-293.