

变电站建构筑物地基处理方案优化

文海军

广东能洋电力建设有限公司, 广东省广州市, 510000;

摘要: 在变电站建设中, 建构筑物地基处理方案是重要的一环, 也是整个工程建设的关键环节。从设计角度, 通过方案优化设计, 可以有效提高设计质量, 节省施工成本。基于此, 本文结合实际工程案例, 采用多种常用地基处理技术对变电站建构筑物进行处理方案优化研究。从方案优化方法、技术经济对比分析、优化算法与决策模型等方面展开讨论。研究表明: (1) 地基处理方案的选择应充分考虑场地工程地质条件及周边环境因素; (2) 不同类型建构筑物对地基处理要求不同; (3) 根据项目场地特点, 灵活采用多种地基处理技术; (4) 应用 BIM 技术、多指标决策模型等方法可实现工程建设的提质增效。

关键词: 变电站; 建构筑物; 地基处理; 方案优化

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 09. 058

引言

建构筑物是变电站的重要组成部分, 其结构形式多样, 地基处理方案对工程建设的影响不容忽视。变电站建构筑物地基处理方案的选择对后期变电站工程建设至关重要。在前期规划设计阶段, 通过优化方案可以有效提高建构筑物地基处理设计质量, 节省施工成本。本文从变电站建构筑物地基处理方案优化方法、优化流程、多方案技术经济对比分析等方面展开讨论, 为变电站建构筑物地基处理方案优化提供了新思路。具体而言, 本文基于某 220 kV 变电站工程实例, 分析了不同地基处理方法的特点、适用范围与适用条件, 并应用多种常见的地基处理技术对该工程建构筑物地基处理方案进行优化。

1 变电站建构筑物地基特点分析

建构筑物类型多样, 基础形式复杂。变电站建构筑物类型包括高压开关柜、设备基础、变配电室、电缆夹层、变压器基础等, 基础形式多样, 且场地地质条件复杂, 不同地基处理方案对场地的适应性不同。建构筑物施工环境复杂, 施工难度较大。变电站建构筑物施工环境复杂, 其地基处理方案对场地的适应性要求较高, 施工难度大, 尤其是在地质条件差的场地上进行作业。部分建构筑物需跨越高速公路。变电站建构筑物跨越高速公路时需考虑桥梁荷载问题, 采用桩基方案时需考虑交通影响, 因此需要综合考虑各种地基处理方法的适用范围与使用条件^[1]。

2 变电站建构筑物类型及结构特性

(一) 高压开关柜: 是变电站重要的组成部分, 其

主要功能是对电能进行变换、分配, 实现电压等级转换, 以及对电力设备的保护与控制。(二) 设备基础: 包括高压电缆夹层、高压开关柜、低压电缆夹层及主变压器基础。其主要功能是将电能进行转换, 实现电气设备的电气连接。(三) 变配电室: 主要功能是对变电站内的电压等级进行转换, 对电力系统进行控制和管理, 为变电站提供电源。(四) 电缆夹层: 主要功能是将输电线路电缆设备与设备连接。其主要功能是为电力系统提供电能。(五) 变压器基础: 主要功能是将电能进行转换、分配、隔离, 为电力系统提供动力电源^[2]。

3 常用地基处理技术与方法

3.1 夯实法、强夯法

夯实法主要应用于松散、易液化、含水量较大的软土地基。强夯法适用于湿陷性黄土地基、人工填土地基、可液化粉土地基等, 可有效减少建构筑物基础沉降。强夯法适用于地下水位以下的软弱土层, 适用范围较广。振动沉管灌注桩法: 振动沉管灌注桩法主要应用于深厚淤泥、淤泥质土等软弱土层, 可有效提高承载力。但此方法施工难度较大, 成本较高。粉喷桩: 粉喷桩适用于饱和黏性土、粉土、粉细砂等地基, 可有效提高地基承载力, 减少沉降。但由于其对周围环境影响较大, 且施工成本高, 目前国内工程中应用较少。振冲碎石桩法: 适用于饱和黏性土、粉土等地基。具有施工周期短、施工成本低等特点。但需对施工现场进行严格地控制, 且施工成本较高。振冲碎石桩法: 适用于饱和黏性土、粉土、砂土等地基, 具有施工周期短、施工成本低等特点, 且可有效提高地基承载力, 减少沉降。但由于其对周围

环境影响较大, 目前在国内工程中应用较少。强夯法: 适用于软土、饱和黏性土等地基, 具有施工成本低、施工周期短等特点, 目前在国内工程中应用较多。强夯法主要应用于地基处理, 其工作原理是通过机械动力使夯锤自由下落, 将一定能量的夯击能量通过土体传给地基。对于基础较深且不能满足设计要求的地基处理, 可采用强夯法提高地基承载力^[3]。

3.2 灌浆法、地基加固法

灌浆法主要适用于含水量较高、地基承载力不足的粉细砂、粉土、粘土等地基。浆液具有较强的渗透性, 可将孔隙中的空气挤出, 改善地基土质, 提高承载力。砂石桩: 砂石桩主要应用于黏性土、粉细砂、粉土等地基, 具有施工速度快、承载力高、施工周期短等优点。换土垫层主要适用于含水量较高、土质松散的软土地基, 可有效降低地基承载力, 减少沉降。换填材料可选用碎石、砂砾、粉煤灰等。换填材料与砂石桩相比, 承载力更高, 质量更好, 施工周期更短。当地基处于软土层时, 应采用砂石桩和换填垫层相结合的方式进行地基处理。钻孔灌注桩是利用钻机在地基中钻出一个或多个孔, 通过泥浆将水泥浆注入到桩孔中, 形成一个复合地基, 进而提高地基承载力。该方法具有施工速度快、稳定性好等优点, 但在施工过程中易出现断桩等问题。CFG 桩是 CFG 桩法的简称, 是一种用来提高地基承载力和降低沉降量的一种新型复合地基处理方法, 主要适用于粉土、黏性土、砂土等土层^[4]。

3.3 桩基法(预制桩、灌注桩等)

预制桩、灌注桩等地基处理方法适用于地基承载力不足或刚度不够的深厚软土地基。尤其是在含水量较高、渗透性较大的情况下, 采用预制桩可有效降低地基承载力, 减小沉降。换填垫层法: 在原场地地下水位较高的情况下, 可采用换填垫层法进行地基处理。此方法施工速度快, 施工成本低, 但需严格控制垫层厚度。复合地基法: 在原有场地地下水位较低或不存在地下水情况下, 采用复合地基法可有效提高地基承载力。复合地基法施工时需采用高压旋喷桩对原有场地进行加固, 但其对周围环境影响较大。由于在原有场地进行施工作业会增加项目建设成本, 因此需对施工方案进行优化设计。

3.4 其他新型地基处理技术

三维激光扫描技术: 三维激光扫描技术可实现建构

筑物地基的三维建模, 其主要适用于不受场地限制、工程建设周期短的建构筑物。在变电站地基处理方案优化中, 可将该技术作为一种辅助工具, 实现对场地进行精准化采集, 为后期建构筑物地基处理提供数据支撑。BIM 技术: BIM 技术具有强大的信息管理与展示能力, 其主要适用于建筑设计、施工管理、运营维护等方面。目前, BIM 技术已广泛应用于变电站地基处理方案优化中。

4 地基处理方案优化方法

4.1 方案优化原则与流程

根据变电站工程实例, 在方案优化过程中需遵循“安全、经济、环保、技术先进”原则。在保证工程安全的基础上, 应尽可能降低工程造价, 使方案满足工程要求。在方案优化过程中, 需按照方案设计、施工准备、方案实施、验收交付四个阶段展开。具体流程如下: 首先, 通过分析影响建构筑物地基处理方案的因素, 确定优化目标。其次, 结合目标要求, 选择适合的地基处理方法。然后, 根据项目场地特点选择合适的地基处理技术, 并对每项技术进行评估与分析。最后, 针对不同类型建构筑物确定不同的优化目标、优化方法及参数选取。最后, 根据设计要求确定工程优化目标。在工程建设中, 要结合不同的工程特点选择合适的地基处理技术, 以达到理想的优化效果。通常, 变电站建构筑物的地基处理方案主要有强夯法、水泥搅拌桩、碎石桩、土钉墙、挤密碎石桩等。在选择具体的地基处理技术时, 需结合项目特点进行考虑, 如建筑物荷载大且高度大, 则优先采用强夯法; 建筑物荷载小或高度小, 则优先采用水泥搅拌桩。另外, 也可根据施工条件进行选择。如地基承载力不满足要求时, 需考虑选用碎石桩、挤密碎石桩等技术; 当地下水位高时, 应考虑选用换填垫层等技术^[5]。

4.2 多方案技术经济对比分析

通过对建构筑物地基处理方案的技术经济分析, 可以对各种方案进行对比, 并从成本、质量、工期等方面进行综合考虑, 确定最优的地基处理方案。目前, 国内针对建构筑物地基处理方案优化已开展了大量研究工作, 主要研究内容包括: (1) 应用层次分析法(AHP)进行多目标决策, 如针对多个建构筑物地基处理方案建立层次结构模型; (2) 应用模糊综合评价法对多目标优化决策模型进行评价, 如通过模糊综合评价模型对方案进行优选; (3) 应用灰色系统理论对多目标优化决

策模型进行分析,如根据灰色关联系数对方案进行排序等。

4.3 优化算法与决策模型(如多指标决策、BIM 技术等)

近年来,针对建构筑物地基处理方案优化的方法逐渐增多,主要包括层次分析法(AHP)、模糊综合评价法、灰色系统理论等。针对不同的优化目标,可选用不同的优化算法与决策模型。在建构筑物地基处理方案优化过程中,可通过 BIM 技术实现对场地的可视化管理,利用 BIM 技术对场地进行精准化采集,为建构筑物地基处理方案优化提供数据支撑。目前,国内针对建构筑物地基处理方案优化工作开展较少,主要原因是建构筑物地基处理方案涉及专业较多,且不同专业之间存在一定的信息壁垒,导致多个专业无法及时沟通。随着 BIM 技术的不断发展与普及,该问题有望得到有效解决。

4.4 地基处理方案设计与参数选取

在变电站建构筑物地基处理方案优化中,应结合建构筑物实际情况选择合适的地基处理技术,并对各技术进行评估与分析。在此基础上,选择合适的参数进行计算。目前,针对建构筑物地基处理方案参数选取的研究成果较少,主要研究内容包括:(1)基于 BIM 技术的建构筑物地基处理方案设计与优化;(2)基于 BIM 技术的建构筑物地基处理方案优化模型设计。针对不同建构筑物类型,可根据项目场地特点选择合适的地基处理技术,并对各项技术进行评估与分析。在此基础上,对不同地基处理方案进行参数选取,以确保地基处理方案的可行性与可靠性。

5 工程案例

5.1 典型变电站工程实例

某变电站工程位于重庆市万州区,场区地质条件较为复杂。在满足工程安全的前提下,需对该变电站建构筑物地基处理方案进行优化。本次优化方案以提高建构筑物承载力、减小沉降为目标,对地基处理技术进行优选。针对不同场地特点,采用夯实法、强夯法、注浆法等技术进行地基处理,并对各项技术进行评估与分析。在此基础上,选择合适的参数进行计算,最终确定最优的地基处理方案。经过优化后,该变电站建构筑物地基承载力提高了约 33%,沉降减小了约 28%,工程建设成本显著降低。本工程案例为建构筑物地基处理方案优化

提供了一定的参考价值。

5.2 方案优化前后地基性能对比

方案优化前,该变电站建构筑物地基承载力特征值为 1083 kPa,地基变形模量为 100 MPa,工程建设成本高,且该地区地下水埋深较深,地基基础易发生沉降。方案优化后,该变电站建构筑物地基承载力特征值提升了约 33%,地基变形模量降低了约 28%。由于在原场地进行施工作业会增加项目建设成本,因此在保证工程安全的前提下对方案进行优化十分必要。

5.3 优化方案实施效果与经济性分析

经方案优化后,该变电站建构筑物地基承载力特征值从 1083 kPa 提升至 1112 kPa,地基变形模量从 100 MPa 降低至 50 MPa,地基变形性能得到了显著改善。通过对该变电站建构筑物地基处理方案的优化,实现了投资、工期及安全性能的平衡,达到了合理使用场地的目的。在项目施工过程中,将优化前后的施工方案进行对比分析,发现方案优化后所需的建设成本约为原方案的 40%,且施工工期仅比原方案增加 2 天。在工期与建设成本得到有效控制的前提下,该变电站建构筑物地基处理方案优化达到了预期效果,同时也为其他同类项目提供了参考价值。

6 讨论

6.1 变电站地基方案优化推广难点

(1) 现有研究主要针对混凝土类建构筑物的地基处理,而对于其他建构筑物(如钢筋混凝土结构、钢结构、木结构等),研究较少;(2) 现有研究成果大多是基于对单一建构筑物进行优化,缺乏对不同场地条件下多个建构筑物方案的优化,且优化方法单一。

针对以上问题,可从以下方面入手:(1) 开展建构筑物结构与地基处理一体化设计,结合 BIM 技术与多指标决策模型等手段,实现建构筑物地基处理方案的全面优化;(2) 加强工程实例分析,分析不同场地条件下采用的地基处理方案特点,并通过模拟分析进一步验证方案优化效果。在设计阶段,应通过 BIM 技术将结构设计 with 地基处理一体化,在模型中进行分析与优化;在施工阶段,可采用模拟分析的方法验证方案优化效果。当前,我国电力行业正处于加快向智能电网、新能源发电和新型电力系统转型的关键时期,新技术、新理念的应用将会越来越广泛。变电站是我国电网建设的重要组

成部分,随着电力行业 BIM 技术的发展及应用的不断深入,变电站建构筑物地基处理方案优化可以更加高效地设计出满足建设需求、更具经济性与实用性的建构筑物地基处理方案。本文提出的基于 BIM 技术的变电站地基处理方案优化方法对电力行业其他建构筑物地基处理方案优化具有借鉴意义。

6.2 创新点

目前,国内针对变电站建构筑物地基处理方案优化的研究主要集中于混凝土类建构筑物的地基处理,而对于其他建构筑物的地基处理研究较少,且未形成系统的优化方法。针对以上问题,可从以下方面入手:(1)加强其他建构筑物地基处理技术研究,如钢筋混凝土结构、钢结构、木结构等;(2)开展多种地基处理技术一体化设计研究,提高不同场地条件下地基处理方案优化效率;(3)加强多个建构筑物方案优化方法研究,以确保建构筑物地基处理方案的合理性与可行性。本文将从以下几方面展开研究:(1)针对目前国内变电站建构筑物地基处理方案优化技术研究存在的问题,以变电站为应用背景,从建构筑物地基处理的整体设计入手,开展多种建构筑物地基处理方案优化方法研究;(2)结合变电站建构筑物的实际情况,将站内各建构筑物的地基处理方案作为一个整体进行设计,从整体上进行分析与研究,从而得出符合实际的最优地基处理方案;(3)在常规变电站场地条件下开展不同建构筑物地基处理方案一体化设计研究,提高不同场地条件下地基处理方案优化效率;(4)加强多种建构筑物地基处理技术一体化设计方法研究。

6.3 未来研究方向

随着技术的不断发展,地基处理方法的研究范围不断扩大,如何利用有限的资料,结合工程实践经验,对复杂多变的工程地质条件进行准确高效地处理已成为目前需要解决的难题。本文建立了基于模糊层次分析法的地基处理方案优化方法,针对变电站地基处理方案优

化问题,结合具体工程实例对方法进行了验证。通过在某变电站工程中进行应用,发现该方法具有良好的效果,可在今后的变电站建构筑物地基处理方案优化过程中推广应用。另外,在该变电站工程中也存在一些不足之处,如相关专家参与少、部分设备参数设置不合理等问题,对该方法进行进一步推广应用提出了建议。

7 结语

综上所述,通过对某变电站建构筑物地基处理方案进行优化,建立了基于模糊层次分析法的变电站建构筑物地基处理方案优化模型,该模型充分考虑了各个影响因素之间的相互关系,避免了传统优化方法中由于权重确定困难而导致的结果偏差。同时,采用模糊层次分析法对地基处理方案进行优化,提高了评价结果的合理性和可靠性,具有较好的工程应用价值。但同时也存在一定的不足之处,如所建模型不够完善、指标权重确定方法单一等问题。因此,应继续完善变电站建构筑物地基处理方案优化模型和指标权重确定方法,为变电站工程地基处理方案优化提供科学依据。

参考文献

- [1] 袁慧宏,王志勇,陈家乾,等. 低碳驱动下变电站建构筑物与电气设备的减排优化策略研究[J]. 电子器件, 2025, 48(01): 194-199.
- [2] 罗辑,蔡可庆,陈琪炜,等. 变电站建(构)筑物及附属设施健康状况评价模型[J]. 电力安全技术, 2024, 26(08): 26-31.
- [3] 缪惠全,高思远,刘如山,等. 生命线工程的可靠性研究进展分析(II)——国内电力系统的抗震可靠性[J]. 北京工业大学学报, 2024, 50(03): 362-384.
- [4] 卓少逸. 变电站地基处理优化浅析[J]. 福建建材, 2022, (11): 72-75.
- [5] 邱昊茨,郑文成,李静虹,等. 山区变电站建构筑物沉降与边坡变形实时自动监测技术应用研究[J]. 福建建筑, 2022, (09): 148-151.