

火力燃煤发电厂建构筑物地基处理技术与沉降控制研究

郑铭烽

国能（福州）热电有限公司 福建 福州 350300

【摘要】：随着我国能源结构优化与大型火力燃煤发电厂建设规模的不断扩大，厂区建构筑物地基处理与沉降控制问题愈加受到行业关注。火电厂具有设备集中、荷载大、振动频率高、厂房布置复杂等特点，如果地基承载力不足或沉降变形控制不当，极易造成设备基础倾斜、管线变形及整体结构安全隐患。为保证发电厂长期稳定运行，必须系统研究地基处理技术与沉降控制原理。本文在分析火力燃煤发电厂地基工程特点的基础上，探讨常用地基处理技术的适用条件与实施要点，分析沉降控制措施及监测方法，并提出综合优化路径。研究表明，合理选择地基处理方案、强化沉降监测与全过程控制、推动数值化预测技术的应用，是保障火电厂建构筑物运行安全的重要途径。本文旨在为今后火力燃煤发电厂地基工程设计、施工与管理提供参考。

【关键词】：火力燃煤发电厂；地基处理；沉降控制；基础工程；变形监测

DOI:10.12417/3083-5526.25.06.028

引言

火力燃煤发电厂作为我国能源系统的重要支撑，其建设规模不断扩大，厂区布置日趋复杂，建构筑物基础类型多样。锅炉车间、汽机房、烟囱、冷却塔、取水构筑物及输煤系统等建构筑物荷载差异显著，对地基承载力和变形控制提出了更高要求。若地基处理不当，将导致不均匀沉降、结构裂缝、设备位移等问题，严重影响电厂运行安全性与经济性。地基处理技术在火力发电厂建设中具有基础性地位，需要在适应地质条件的基础上结合厂区功能特点进行选择。与此同时，沉降控制作为评价地基处理效果的重要指标，其监测方法与控制技术的发展亦直接关联电厂的长期稳定运行。新时代对电厂安全、高效、绿色发展的要求不断提高，使地基处理技术必须向高可靠性、高适应性和智能化方向发展。因此，研究火力燃煤发电厂建构筑物地基处理技术与沉降控制，不仅具有工程实践意义，也对提高行业设计水平、优化工程体系具有重要价值。本文将从技术特点、处理方法、沉降机理到控制策略进行系统阐述，以期促进相关工程的科学化与规范化建设。

1 火力燃煤发电厂地基工程特点分析

1.1 厂区荷载大且分布不均的结构特性

火力发电厂的主要建构筑物重量大、荷载集中，其中锅炉钢架、汽轮机基础和烟囱结构属于超大荷载基础；冷却塔、化水构筑物等面积大但荷载相对均匀；辅机房及循环水泵房等区域存在大型动态设备。这种荷载差异造成厂区地基受力复杂，必须针对不同类型建筑采取不同的基础与地基处理策略，以控制沉降差异并满足设备运行稳定要求。此外，大型设备的振动荷载亦加重了地基的长期变形风险，需要从地基结构性能上保证抗震稳定性。

1.2 地质条件复杂多变带来的工程挑战

火电厂多建于沿海、湖区及河谷平原地区，这些区域可能存在软土、淤泥质土、填土等低承载力地层。软土具有压缩性

高、固结时间长、抗剪强度低等特点，易产生大幅度沉降。在部分地区，地下水位高、土层分布不均、局部存在液化土层，也会增加地基稳定性控制的难度。因此，充分掌握地质条件、准确评估地基承载力与沉降能力，是设计与施工前的关键环节。

1.3 长期运行工况对地基稳固性提出更高要求

火电厂设备运行周期长且负荷波动明显，汽机、风机、泵类设备产生的长期动力荷载将对地基产生疲劳效应，从而使地基产生二次沉降。此外，厂区常见的温度变化、湿度变化、地下水波动等环境因素也会影响地基土体结构，使长期稳定性成为必须重点考虑的因素。因此地基处理方案应具备长期承载与抗扰动能力，而不能仅满足短期施工要求。

2 火力燃煤发电厂常用地基处理技术及适用性分析

2.1 强夯法应用于大面积填土地基的适用性

强夯法通过高能级冲击提高填土地基或杂填土地基的密实度与承载力，特别适用于面积大、填土厚度大的厂区基础整治。强夯法施工效率高、成本相对较低，可有效减少地基沉降。但其施工振动较大，需避免靠近精密设备区、临近既有建构筑物的区域。此外，强夯处理后的固结时间较长，需要结合建设工期进行施工安排。

2.2 预压加载法在软土地基处理中的优势

预压法通过施加堆载使软土提前固结，从而减少运营期沉降，是处理软土最常用的方法之一。火电厂区域若存在大面积软土，可采用堆载预压、真空预压或二者结合的方式对地基进行强化。预压法沉降可控性强，适用于对沉降量要求严格的建构筑物，但其工期通常较长，不适用于建设紧迫的项目。

2.3 桩基法在高承载力区域的广泛应用

桩基作为承载能力高、沉降控制效果好、适用范围广的基础形式，广泛应用于火电厂重荷载建构筑物区域，如主厂房、烟囱、冷却塔等。桩基可有效穿透不良土层，将荷载传递至深

层稳定地基，从而降低沉降风险。根据地质条件可采用预制桩、钻孔灌注桩、CFG桩等类型。桩基法造价较高，但可靠性强，适用于对沉降要求极为严格的建筑区域。

3 火力发电厂地基沉降的机理与影响分析

3.1 软土地基固结沉降机理

在静荷载长期作用下，软黏土因渗透性较低，孔隙水压力消散过程缓慢，容易产生持续性的固结沉降。火电厂建设区域若存在软黏土地基且处理不充分，建筑物在运行过程中将随时间发生缓慢下沉，沉降具有隐蔽性和长期性特征。地基持续变形会导致承载性能逐步减弱，设备基础标高发生变化，影响设备安装精度和运行状态，严重情况下还可能引发结构整体倾斜。软土固结过程受多种因素制约，土体渗透系数决定排水速度，初始孔隙比影响压缩空间，外加荷载大小则直接关系固结变形程度。若上述因素综合作用未得到有效控制，沉降问题将持续发展。因此，对软黏土地基的固结特性进行科学评估和合理处理，是保障火电厂长期稳定运行的重要前提。

3.2 动力荷载作用下的附加沉降机理

火电厂运行过程中，汽轮机、鼓风机等大型设备会持续产生振动，使地基长期承受周期性动力荷载作用。在反复振动影响下，土体内部颗粒排列逐渐发生变化，原有结构被扰动，颗粒间咬合作用减弱，孔隙比随之增大，土体压缩性增强，塑性变形不断累积，进而形成附加沉降。动力荷载的长期作用还会改变地基应力分布状态，使局部区域出现变形集中现象。对于桩基础而言，振动会削弱桩土界面的摩阻力，影响荷载传递效率，降低承载能力和稳定性。若动力影响未得到有效控制，沉降问题可能随运行时间逐步加剧，对设备安全和结构稳定产生不利影响。因此，在火电厂基础设计与运行管理中，应充分考虑动力荷载对地基变形和承载性能的长期影响。

3.3 不均匀沉降对结构安全性的影响

不均匀沉降是火电厂基础运行过程中面临的主要安全风险之一，其影响具有系统性和连锁性。一旦沉降差异过大，厂房框架结构容易产生附加应力，进而引发结构变形和裂缝问题。设备基础发生不均匀沉降时，设备对中精度将受到破坏，运行振动和能耗随之增加。输煤廊道和地下管线对沉降变化极为敏感，错位或拉裂问题不仅影响生产连续性，还可能带来安全隐患。汽轮机中心线对基础变形要求极高，若发生偏移，将直接影响设备运行效率和使用寿命，甚至威胁整体系统安全。基于上述风险特征，沉降控制应以均匀性为核心目标，通过合理设计、精细施工和持续监测，保障火电厂基础长期稳定运行。

4 火力燃煤发电厂地基沉降控制技术研究

4.1 优化荷载路径设计与基础布局

合理分配建构物荷载并优化基础布局，是控制地基沉降和减小不均匀变形的重要技术途径。在工程设计中，通过对建

筑结构形式和使用功能进行综合分析，可采取联合基础或筏板基础等形式，将上部荷载均匀传递至地基，降低局部应力集中风险。对于大跨度厂房结构，这类基础形式有助于提高整体稳定性。重型设备区域因荷载集中，应结合地质条件设置深基础，将荷载传递至承载力较高的土层，从而减少地基变形。地基分区处理方法根据不同荷载特征采取差异化加固措施，有利于提高整体变形协调性。通过科学的基础布置和荷载控制，能够有效减小沉降差异，提升工程长期运行的安全性与可靠性。

4.2 强化施工过程控制确保地基处理效果

地基处理工程的成败不仅依赖科学合理的方案设计，更取决于施工过程中的质量控制水平。强夯施工过程中，需要对夯击能级、夯点布置和夯击次数进行精确控制，确保加固效果均匀稳定，并通过现场检测及时验证处理质量。桩基施工对精度要求较高，施工中必须准确判断桩端持力层位置，严格控制成孔质量和混凝土灌注工艺，避免出现断桩、缩颈等问题。采用预压法处理地基时，应持续观测沉降变化，根据沉降速率动态调整加载强度，使地基固结过程受控可调。施工质量控制贯穿材料选用、参数确定与现场检测等各个环节，只有形成全过程、精细化的管理体系，才能保证地基处理效果满足设计与安全要求。

4.3 建立完善的沉降监测与预警机制

沉降监测是评价地基处理效果和保障工程长期安全运行的重要技术手段。通过持续观测地基沉降变化，可以及时掌握地基受力与变形状态，为工程安全提供依据。常见的监测方式包括水准仪观测、全站仪测量以及反射棱镜位移监测等方法，这些手段能够较为准确地反映沉降量及其发展过程。对于重要设备基础或关键工程部位，可布设自动化监测系统，实现数据的连续采集与实时预警，提高风险防控的及时性。监测过程中形成的数据需要系统整理并建立专门数据库，通过模型分析和趋势判断，识别潜在异常变化。科学利用监测成果，有助于指导后续维护和加固决策，提升地基工程运行的可靠性与安全性。

5 火力燃煤发电厂地基处理与沉降控制技术的发展趋势

5.1 地基加固技术向绿色化与高效化发展

随着环保标准不断提高，地基工程对施工方式和材料选择提出了更高要求。传统高扰动、高能耗的地基处理方法在实际应用中逐渐显现出环境负担，转型升级成为必然趋势。以节能减排为目标的新型固化材料开始在工程中应用，这类材料多采用低熟料或工业固废协同配制思路，常见包括矿渣粉、粉煤灰、钢渣微粉、偏高岭土等作为活性组分，并配合少量胶凝剂与调控外加剂，以改善早期反应速率与后期耐久性；其优势在于减少传统水泥用量、降低生产能耗与二氧化碳排放，同时具

备一定的抗渗、抗硫酸盐侵蚀和体积稳定性,有利于提升软弱地基加固后的长期服役性能。地基微创加固技术通过减少开挖和施工范围,降低对周边环境和既有结构的影响,使施工过程更加温和可控。新技术的推广,有助于改善施工条件,减少噪声、粉尘和废弃物排放。环保型地基处理技术的发展,使工程建设在满足安全与质量要求的同时,更好地实现生态友好与可持续发展目标。

5.2 智能化监测技术成为沉降控制重要方向

基于物联网和云平台的地基沉降监测技术,为工程安全管理提供了更加高效的技术支撑。通过在关键部位布设传感设备,可以对地基沉降、位移变化和受力状态进行连续采集,实现数据的实时获取与远程传输。云平台对监测数据进行集中处理和动态分析,使地基变形规律更加清晰,异常变化能够被及时识别。自动预警功能在风险指标接近阈值时发出提示,有助于管理人员迅速采取应对措施,避免隐患扩大。智能监测系统减少了人工巡检的不确定性,提高了分析精度和响应速度。随着技术不断成熟,监测结果可为施工调整和后续维护提供依据,地基工程风险控制能力将得到显著提升。

参考文献:

- [1] 李强. 火电厂地基沉降控制技术研究[J]. 电力建设, 2021.
- [2] 王建军. 建筑地基处理技术在火力发电厂建设中的应用分析[J]. 岩土工程技术, 2020.
- [3] 张海峰. 大型工业厂房地基沉降监测与控制研究[J]. 工程建设, 2019.
- [4] 刘晓辉. 软土地基处理新技术及其在电厂工程中的应用[J]. 建筑工程学报, 2022.
- [5] 周志强. 基础工程沉降预测与控制方法研究综述[J]. 岩土工程研究, 2021.

5.3 数值模拟技术在地基工程中的应用日益成熟

有限元模拟和三维地基沉降模拟等数值仿真技术,为地基工程设计提供了更加直观和科学的分析手段。在工程设计阶段,通过对土体性质、荷载条件和施工过程进行模拟,可以较为准确地预测地基变形与沉降发展趋势,从而提前识别潜在风险。这类技术有助于对不同处理方案进行对比分析,使设计人员在方案选择时拥有充分依据。仿真结果还能参数优化和施工控制提供参考,提高设计的针对性和安全性。

结论

火力燃煤发电厂建构筑物地基处理技术与沉降控制研究是保障电厂长期稳定运行的重要内容。通过分析地基工程特点、地基处理技术、沉降机理、控制措施与未来趋势可以看出,地基处理应根据地质条件科学选择方法,以提高承载力与沉降控制能力;同时施工过程管理与实时监测体系是保障工程质量的关键。未来应进一步推动地基处理技术向绿色化、智能化方向发展,提高设计预测能力与监测水平,实现火电厂基础系统的高可靠性与长效性管理。