

# 采用灌水法对建筑地基夯实后的地基承载力研究

——以库布齐沙漠为例

胡海涛 朱乔生 朱东洋 汤佳念

中国能源建设集团江苏省电力建设第一工程有限公司 江苏南京 210001

**摘要:** 库布齐沙漠是我国重要的生态系统与新能源开发基地,但沙漠地区地基承载力不足的问题严重制约了工程建设的发展。文章提出并验证了采用灌水法对沙漠地基进行夯实的技术方案,重点分析含水量、颗粒大小和颗粒形状等因素对地基承载力的影响。采集沙漠典型沙样,运用筛分、干燥与灌水处理技术,结合静载试验方法,获得不同条件下沙子的承载力数据。含水量的适量增加显著提升了沙子承载力,颗粒大小与形状对承载性能也具有重要影响。文章为沙漠地区的地基工程提供了理论依据和技术支持,对推动沙漠资源开发与新能源建设具有重要意义。

**关键词:** 库布齐沙漠;灌水法;地基承载力;含水量;颗粒特性;土壤力学

## 1. 引言

库布齐沙漠作为中国七大沙漠之一,是重要的生态屏障,也是新能源开发与沙漠经济建设的潜在高地。随着太阳能、风能等新能源项目的快速推进,库布齐沙漠的土地开发利用需求不断增加。沙漠地区特殊的地质条件,沙子松散、地基承载力低等问题,给建筑工程带来了巨大挑战。

## 2. 研究目标与实施路径

### 2.1 研究核心问题

沙土的松散结构和颗粒特性使其在外力作用下易于变形,无法有效支撑工程设施的长期稳定性。探索灌水法对库布齐沙漠地基承载力的提升作用,揭示含水量、颗粒大小与形状等因素对沙子力学性能的具体影响规律。

试验的总体逻辑是通过控制关键变量,观察和量化其对沙土承载性能的影响。具体而言,选择了库布齐沙漠典型区域的沙样作为研究对象,对其进行筛分、干燥和含水量调整,保障实验条件与实际工程环境高度相符。采用静载试验法评估沙土在不同灌水条件下的承载力变化,综合分析颗粒大小和形状的差异性对试验结果的影响。

### 2.2 研究框架与路径

试验样本的含水量会被精准控制并分组设置,覆盖含水量从低至高的不同水平。对样本颗粒进行详细分类,记录其颗粒尺寸分布和形状特征,形成全面的颗粒特性数据库。承载力测试设备获得的力学性能数据将进行统计分析,结合沙子的物理特性归纳灌水法提升承载力的内在机制<sup>[1]</sup>。

## 3. 技术原理与研究基础

### 3.1 沙漠地基承载力的影响因素分析

地基承载力是地基材料抵抗变形和破坏的能力,其主要受控于土体的颗粒组成、含水量、密实性等因素。沙漠地基中,沙子的松散结构和低密度导致其抗剪强度和承载性能较差。在这种情况下,有效的技术手段提升沙土密实性和颗粒间的内聚力,提高地基承载力,成为工程研究的重点。

在一定范围内,水分通过润湿沙子颗粒表面,能够增强颗粒间的毛细作用和粘滞力,使颗粒相互嵌合更紧密,形成更稳定的支撑体系。毛细水的引入能减少颗粒间的孔隙率,还能通过降低剪切力滑动风险,增强沙土的抗压性能。含水量过高时,水膜过厚会削弱颗粒之间的直接接触力,降低沙土的承载能力。含水量对密实性和承载力的影响具有显著的非线性特征,这需要在实践中找到最佳的水分配比。

### 3.2 灌水法夯实的技术特点

灌水法夯实技术基本原理是通过适量灌水来调整沙土的含水量,使其达到最佳的密实状态。灌水过程中,水分在沙子颗粒间的分布能够优化颗粒排列,还能减少因摩擦力不足引起的颗粒滑移,提高土体的整体稳定性。相较于传统的机械夯实技术,灌水法无需借助大量设备和人工,适合沙漠地区水资源有限的环境下进行地基改良。

水泥注浆虽然可以显著提升地基承载力,但其成本高昂,且在沙漠环境下可能面临施工材料供应困难的问题。而机械深层夯实虽然适用范围广,但需要重型设备支持,操作

灵活性较低，且容易造成局部沉降问题。灌水法以其低资源投入和高施工效率为特色，调整水分和沙土颗粒的相互作用机制，能快速改善沙土的承载性能。

细化含水量与沙土密实性的关联机制，结合沙子的颗粒特性，为库布齐沙漠的地基改良提供实践依据，也为灌水法在更广泛沙漠环境中的推广应用奠定基础。结合理论与实验的综合分析，揭示灌水法在提高地基承载力方面的潜在优势及其在工程应用中的可行性<sup>[2]</sup>。

#### 4. 试验设计与操作方案

##### 4.1 试验场地与条件

库布齐沙漠位于内蒙古中部，地势平坦、沙土分布广泛，其均匀的地表沙层和接近工程地基土的颗粒特性为灌水法研究提供了理想试验场地。研究团队对采集的沙样进行筛分处理，按颗粒大小分级，以分析颗粒特性对地基承载力的影响，同时确保结果真实反映沙漠地质条件。沙样经干燥箱恒温处理，去除水分以消除其对物理性能的干扰，并为灌水含水量控制提供标准化初始条件。库布齐沙漠沙土颗粒松散、初始密实度低的特点，为验证灌水法提升地基承载力提供了重要基础，处理后的沙样更接近实际工程应用需求<sup>[3]</sup>。

##### 4.2 设备与技术支持

实验使用标准筛分器对沙样进行颗粒级配控制，确保颗粒分布统一，为分析颗粒大小对承载力的影响提供依据。筛分后，沙样经干燥箱恒温处理，去除水分以保证实验初始条件一致。灌水处理通过称量设备精确控制含水量，均匀注水避免局部过湿或不足，提升实验可靠性。压实模具与压力计协同施加可控载荷并实时记录变形与承载力数据，模拟实际工程中的荷载条件，提供精准的实验结果支持。

##### 4.3 试验流程

根据实验设计的要求，将干燥处理后的沙样分批放置在灌水处理装置中，均匀喷洒或注入的方式加入不同量的水分。每组试验的灌水量均由实验前精确测量和计算，灌水后沙样需静置一定时间，保障水分能够均匀分布并充分渗透到沙子颗粒间。经过灌水处理的沙样被移入试验模具中进行静载试验。利用压力计逐步增加载荷，记录沙样在不同压力下的变形量，直至其承载能力达到极限。

##### 4.4 变量设计与数据分析

含水量被设定为主控变量，范围从完全干燥状态到接近饱和的条件，分为若干组以覆盖灌水处理的常见工况。沙

样的颗粒大小和形状也作为重要变量进行分组，分别选取大颗粒沙、小颗粒沙及形状不规则的沙样进行对比试验。对比分析这些变量对承载力的影响，更好地揭示含水量与颗粒特性之间的交互作用。

所有试验数据将被整理成标准化的表格和图表，结合统计学方法进行相关性分析和显著性检验。试验数据包括承载力数值，还涵盖了沙样的变形量和含水量分布等辅助信息。为后续研究提供详细的依据，同时验证灌水法在改善沙漠地基承载力方面的理论和实践可行性<sup>[4]</sup>。

#### 5. 数据分析与结果解读

##### 5.1 实验数据展示

随着含水量增加，沙子的承载力呈先升后平稳的趋势。在低含水量时，颗粒接触点少，内聚力弱，承载力低；适量灌水增强毛细作用，提高颗粒嵌合程度，承载力快速提升；接近饱和时，孔隙充水削弱颗粒接触力，承载力趋缓或下降。较大颗粒因接触面积和嵌合程度高，承载力优于小颗粒；规则颗粒接触均匀、嵌合紧密，承载力优于不规则颗粒。最佳含水量和颗粒特性是提升承载力的关键。

##### 5.2 结果讨论

在适度灌水下，水分填充颗粒间空隙，增强了毛细力和粘滞力，抑制颗粒滑动，形成紧密的力学网络结构。过量水分则削弱颗粒接触力，水膜反而成为颗粒滑移的介质，导致承载力下降。灌水法需精准控制水分，保障沙土达到最佳密实状态。库布齐沙漠沙子颗粒表面光滑，增加了水分分布难度，且昼夜温差大导致水分蒸发速率快，影响长期稳定性。实践中应结合保湿或加固措施，提高灌水法的效果与稳定性。

#### 6. 结论

在适量灌水的条件下，沙子的密实性和颗粒间的粘聚力显著增强，有效提高了地基的承载力。提升效果具有一定的限制，当含水量超过最佳范围时，颗粒间的接触力被削弱，导致承载力不再继续提高甚至下降。实验进一步证实，颗粒较大且形状规则的沙子具有更高的承载性能，这为沙漠地基的颗粒优化设计提供了重要参考。

#### 参考文献：

[1] 吴楠, 王玉山, 王锐, 等. 基于村镇建筑的新型沙漠砂混凝土砌块墙体的抗震性能研究[J]. 应用力学学报, 2024, 41(02): 372-381.

[2] 田伟,刘祖龙,刘尚达,等.沙漠地区超高层建筑幕墙施工特点与措施[J].施工技术(中英文),2023,52(06):116-120.

[3] 丛顺,李正农,刘增夕,等.基于风洞试验的沙漠地区低矮建筑实测体型系数修正[J].应用基础与工程科学学报,2022,30(04):918-935.

[4] 吉湘.沙漠中的“绿色建筑”——佐敦涂料保护阿卜杜拉国王科技大学[J].家具与室内装饰,2018,(08):4-5.

#### 作者简介:

第一作者:胡海涛(1990.7-),男,汉,湖北黄冈,本科,工程师,研究方向:电缆安装施工方向。

第二作者:朱乔生(1972.2-),男,汉,江苏南京,大专,副高工程师,研究方向:电缆安装施工方向。

第三作者:朱东洋(1979.12-),男,汉,江苏南京,本科,副高工程师,研究方向:电缆安装施工方向。

第四作者:汤佳金(1995.9-),男,汉,江苏淮安,本科,研究方向:地基处处理。