

# 湿陷性含砂低液限粉土坝基处理施工工法创新与实践

马林文

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**随着工程建设的不断发展，湿陷性含砂低液限粉土坝基处理成为一项关键技术难题。本研究针对这一问题，创新性地提出了一种新的施工工法，并进行了实践验证。该工法结合高性能改良剂与新型施工技术，有效提高了坝基的承载力和稳定性，显著降低了湿陷性风险。通过现场试验与工程实践，证明了该工法的可行性和经济性，为湿陷性土壤地区坝基处理提供了新的技术思路和实践经验。

**关键词：**湿陷性含砂低液限粉土；坝基处理；施工工法创新；实践

引言：湿陷性含砂低液限粉土作为一种特殊的地基土，其工程特性复杂，对坝基处理提出了严峻挑战。传统处理方法存在诸多不足，难以满足现代工程对稳定性和安全性的高要求。因此，本研究致力于探索创新的施工工法，以解决湿陷性含砂低液限粉土坝基处理难题，提升工程质量和安全性。通过实践验证，期望为同类工程提供有益的参考和借鉴。

## 1 湿陷性含砂低液限粉土的工程特性

### 1.1 物理及力学特性

(1) 颗粒组成与分布。湿陷性含砂低液限粉土的颗粒组成主要以粉土颗粒(0.05~0.005mm)为主，同时含有一定量的砂粒(>0.05mm)和少量的粘粒。这种颗粒组成使得该土壤具有较好的透水性，但相对于纯砂土，其压实性和稳定性更优。颗粒分布相对均匀，有助于土壤的整体稳定性。(2) 界限含水率、比重及孔隙比。湿陷性含砂低液限粉土的液限较低，通常在20%以下，这意味着其从塑性状态转变为流动状态所需的最大含水量较低，土壤不易流动，具有较高的强度和稳定性。其比重和孔隙比则受颗粒组成和分布的影响，一般孔隙比较大，但具体数值需通过实验确定。孔隙比的变化对土壤的湿陷性有显著影响。(3) 含水率和饱和度对湿陷性的影响。含水率和饱和度是影响湿陷性含砂低液限粉土湿陷性的关键因素。当土壤含水率较低时，湿陷性较强；随着含水率的增加，湿陷性逐渐减弱。同样，饱和度越低，湿陷系数越大，湿陷性越强烈。当土壤达到较高的饱和度时，湿陷性基本消失，土壤转变为高压缩性土<sup>[1]</sup>。

### 1.2 湿陷性机理分析

(1) 大孔隙结构的破坏与湿陷变形。湿陷性含砂低液限粉土的大孔隙结构在受到水浸湿时，结合水膜增厚，颗粒间的联结消失，导致土壤结构迅速破坏，发生湿陷变形。这种变形对工程的稳定性和安全性构成威

胁。(2) 胶结物质与湿陷性的关系。胶结物质对湿陷性含砂低液限粉土的湿陷性有显著影响。当土壤中胶结物含量较多时，土壤结构致密，湿陷性降低。反之，胶结物含量较少，土壤结构疏松，湿陷性增强。

### 1.3 湿陷性程度的划分

(1) 通过试验确定湿陷系数。湿陷系数是衡量土壤湿陷性强弱的重要指标。通过实验测定土壤的湿陷系数，可以判断其湿陷性程度。(2) 轻微、中度、严重湿陷性的分类及影响。根据湿陷系数的不同，湿陷性含砂低液限粉土可以分为轻微、中度和严重湿陷性。轻微湿陷性土壤在含水量较高时才表现出湿陷性；中度湿陷性土壤在受到一定外力作用时容易发生变形和沉降；严重湿陷性土壤则极易发生大规模的变形和沉降，对工程建设构成严重威胁。

## 2 湿陷性含砂低液限粉土坝基处理现有工法分析

### 2.1 表层夯实法及强夯法

(1) 施工原理与适用条件。表层夯实法是通过夯实设备对地基表层土壤进行压实，提高土壤密度和承载力，减少湿陷性。强夯法则是在表层夯实的基础上，使用更大能量的夯实设备对深层土壤进行夯击，以消除深层土壤的湿陷性。这两种方法适用于湿陷性土壤厚度较小、地基较为稳定的情况。(2) 施工过程与效果评价。表层夯实法的施工过程相对简单，包括准备夯实设备、划分夯实区域、进行夯实作业等。强夯法则需要更为复杂的设备和更高的技术要求，包括选择适当的夯击能量、确定夯击点位和间距、控制夯击次数等。两种方法在施工后均能显著提高地基的承载力和稳定性，减少湿陷性带来的不利影响。效果评价方面，表层夯实法适用于浅层地基处理，效果有限，但施工成本较低。强夯法则能处理更深层的地基，效果更为显著，但施工成本和技术要求也更高。(3) 应用案例分析。在某水利工程

中, 坝基土壤存在严重的湿陷性, 采用表层夯实法进行处理。通过夯实设备的反复压实, 土壤密度显著提高, 湿陷性得到有效控制。工程完工后, 坝基未出现明显的沉降和变形, 表明表层夯实法在该项目中取得了良好的效果。

## 2.2 湿陷性含砂低液限粉土与垫层材料选择

(1) 垫层的设计与施工要点。垫层法是一种有效的湿陷性黄土处理方法。设计垫层时, 需要考虑垫层的材料、厚度和压实度等因素。常用的垫层材料包括灰土、素土等。施工过程中, 需要先将湿陷性黄土清理干净, 然后根据设计要求进行垫层材料的铺设和压实。(2) 成效分析。垫层法能够显著提高地基的承载力和稳定性, 减少湿陷性带来的不利影响。同时, 垫层材料的选择和施工质量对垫层效果具有重要影响。选择适当的垫层材料和严格控制施工质量是保证垫层效果的关键。

## 2.3 其他处理方法

除了表层夯实法、强夯法和垫层法外, 还有挤密法、桩基础等其他处理方法。这些方法各有优缺点, 适用于不同的地基条件和工程要求。挤密法适用于地下水位以上、饱和度不大的湿陷性含砂低液限粉土处理, 能够显著提高地基的密度和承载力。桩基础则适用于处理深层湿陷性土壤, 通过桩基将荷载传递到深层稳定的土壤或岩层中。在选择处理方法时, 需要根据地基条件、工程要求、经济效益等因素进行综合考虑, 选择最优的处理方案。同时, 需要严格控制施工质量, 确保处理效果达到预期目标。

## 3 湿陷性含砂低液限粉土坝基处理施工工法创新

### 3.1 创新思路与技术路径

(1) 针对现有方法的不足提出改进措施。湿陷性含砂低液限粉土坝基处理是一项复杂而关键的工程任务, 由于湿陷性含砂低液限粉土的特殊性质, 施工不当会导致坝基湿陷、承载力下降、结构变形等问题, 严重影响工程质量和安全。现有方法如垫层法、强夯法、土桩挤密法等, 虽在一定程度上能够消除湿陷性, 但存在施工周期长、造价高、效果不均匀等不足。改进措施主要集中在以下几个方面: 1) 提高地基处理的均匀性和有效性。通过优化施工参数和工艺流程, 提高地基处理的均匀性和有效性, 降低施工过程中的不确定性。2) 增强材料的稳定性和强度。通过引入新型材料, 提高坝基材料的稳定性和强度, 增强地基的抗湿陷能力。3) 加强施工过程中的监测与调整。通过实时监测施工过程中的各项参数, 及时进行调整, 确保施工质量<sup>[2]</sup>。(2) 结合新型材料与技术进行工艺创新。引入新型材料和技术是提升

湿陷性含砂低液限粉土坝基处理效果的关键。新型材料如高性能聚合物改良剂、高性能固化剂等, 可以显著提高坝基材料的力学性能和耐久性; 新型技术如夯扩挤密桩工艺、高频振动压密技术等, 可以提高地基的密实度和承载力。结合新型材料与技术进行工艺创新的思路如下: 1) 研发新型材料。通过材料科学研究, 开发适用于湿陷性含砂低液限粉土的新型改良剂和固化剂, 提高坝基材料的性能。2) 创新施工技术。结合新型材料的应用, 研发新的施工技术, 如夯扩挤密桩工艺, 通过反复夯击和挤密, 提高地基的密实度和承载力。3) 融合信息化技术。引入物联网、大数据等信息技术, 实时监测施工过程, 实现精准控制和动态调整。

### 3.2 新型施工工法介绍

(1) 材料与设备选择。新型施工工法采用高性能聚合物改良剂和固化剂作为主要材料, 这些材料具有优异的力学性能和耐久性, 能够有效提升坝基材料的强度和稳定性。设备方面, 采用专用施工机械, 如高频振动压密机、夯扩挤密桩机等, 实现精准控制和高效施工。

(2) 施工工艺流程优化。新型施工工法的工艺流程包括以下几个步骤: 1) 地基预处理。对坝基进行清理和平整, 确保施工表面的清洁和平整度。2) 材料混合与铺设。将高性能聚合物改良剂和固化剂与含砂低液限粉土按一定比例混合均匀, 铺设在坝基表面。3) 高频振动压密。采用高频振动压密机对铺设的材料进行压密, 提高地基的密实度和承载力。4) 夯扩挤密桩施工。在关键部位采用夯扩挤密桩工艺, 通过反复夯击和挤密, 提高地基的强度和稳定性。5) 表面固化与养护。对处理后的地基表面进行固化处理, 并进行养护, 确保施工质量<sup>[3]</sup>。

(3) 施工参数确定与控制。施工参数的控制是确保新型施工工法效果的关键。主要参数包括材料混合比例、压实度、夯击次数、挤密深度等。通过实时监测和数据分析, 及时调整施工参数, 确保施工效果达到预期。

### 3.3 新型工法施工案例分析

(1) 施工准备与现场实施情况。以某湿陷性含砂低液限粉土坝基处理工程为例, 施工前进行了详细的地质勘察和材料试验, 确定了施工参数和材料配比。施工过程中, 采用专用施工机械进行高频振动压密和夯扩挤密桩施工, 实时监测施工参数, 确保施工质量。(2) 施工过程中的监测与调整。施工过程中, 采用物联网技术进行实时监测, 包括地基沉降监测、振动频率监测、压实度监测等。通过数据分析, 及时发现施工过程中的异常情况, 并进行调整。例如, 在发现某区域压实度不足时, 立即增加振动压密次数和夯击次数, 确保施工质

量。(3)工程效果评估。工程完成后,进行了全面的质量检测和效果评估。通过对比施工前后的地基承载力、变形量等指标,发现新型施工工法显著提高了地基的承载力和稳定性,有效消除了湿陷性。同时,施工过程中的实时监测和调整也确保了施工质量稳定性和可靠性。

#### 4 实践应用与效果验证

##### 4.1 实践项目背景与概况

(1)项目所在地地质条件与施工难点。本项目位于某河流域,地质条件复杂,坝基土壤主要为湿陷性含砂低液限粉土,具有显著的湿陷性和低承载力特性。该区域地下水丰富,水位较高,且地表水系发达,导致施工难度极大。具体施工难点包括:如何在保持地下水位稳定的同时,有效处理湿陷性土壤;如何在不影响周边环境的前提下,进行大规模的坝基加固施工;以及如何在保证工程质量的前提下,合理控制工程成本。(2)施工方案设计。针对上述难点,我们制定了详细的施工方案设计。首先,采用高性能聚合物材料对湿陷性土壤进行化学改良,以提高其力学性能和抗湿陷能力。其次,结合高频振动压密技术和夯扩挤密桩工艺,对地基进行物理加固,进一步提高地基承载力和稳定性。最后,利用物联网技术进行实时监测,确保施工过程中的各项参数符合设计要求,及时发现并处理潜在问题。

##### 4.2 施工工法的应用实施

(1)新型工法的具体应用。在施工过程中,我们严格按照施工方案进行操作。首先,利用高性能聚合物材料对坝基土壤进行改良,通过材料混合、铺设和压实等步骤,使土壤结构更加紧密,湿陷性得到有效控制。其次,采用高频振动压密技术,对改良后的土壤进行进一步压实,提高地基密实度和承载力。最后,在关键区域和深度较大的位置,采用夯扩挤密桩工艺,通过反复夯击和挤密,形成密实的桩体,进一步提高地基的稳定性和承载能力。(2)施工过程中的挑战与应对措施。在施工过程中,我们遇到了地下水位波动、材料运输困难等挑战。为了应对这些挑战,我们采取了以下措施:一是加强地下水监测和控制,通过排水和降水措施,确保施工区域地下水位稳定;二是优化材料运输路线和时间安

排,确保材料供应及时且不影响周边环境;三是加强施工现场管理,确保施工安全和质量。

##### 4.3 效果评价与分析

(1)地基承载力与变形监测结果。施工完成后,我们对地基承载力进行了检测,并与施工前进行了对比。结果显示,地基承载力显著提高,变形量得到有效控制。具体来说,地基承载力提高了约30%,变形量减少了约50%。这表明新型工法在湿陷性土壤处理方面取得了显著成效。(2)与传统工法的对比。与传统工法相比,新型工法具有显著优势。首先,新型工法通过化学改良和物理加固相结合的方式,有效提高了地基承载力和稳定性;其次,新型工法施工周期短、效率高,降低了施工成本;最后,新型工法采用物联网技术进行实时监测,确保了施工质量的稳定性和可靠性。(3)经济效益与社会效益分析。新型工法的应用不仅带来了显著的经济效益,还产生了积极的社会效益。从经济效益来看,新型工法降低了施工成本,提高了施工效率,为项目节约了资金;从社会效益来看,新型工法提高了地基的稳定性和承载能力,保障了工程的安全运行,为当地经济发展提供了有力支持。此外,新型工法的应用还促进了相关产业的发展和科技创新,为行业进步做出了积极贡献。

##### 结束语

综上所述,本研究针对湿陷性含砂低液限粉土坝基处理的挑战,创新性地提出了有效的施工工法,并通过实践验证其可行性与优越性。该方法显著提高了坝基的稳定性,降低了湿陷性风险,具有广泛的应用前景。未来,我们将继续完善和优化该工法,为水利工程建设的安全与可靠性提供坚实的技术支撑。

##### 参考文献

- [1]王习渊,白立辉,曹铖,等.湿陷性黄土条件下的强夯法地基处理施工技术[J].工程建设与设计,2022,(04):38-39.
- [2]赵智永.强夯法在湿陷性黄土地基处理中的应用[J].建材发展导向,2023,(05):40-41.
- [3]罗章.湿陷性黄土地基处理中素土挤密桩的应用[J].中国水泥,2022,(08):104-105.