

# 飘石松散地质条件下防渗墙施工技术研究

隆国苍

中国水利水电第四工程局有限公司第一分局, 青海 西宁 810000

**摘 要：** 飘石松散地质条件下的防渗墙施工技术研究是为了解决在这种特殊地质环境下防渗墙施工困难的问题。本文首先介绍了飘石松散地质的特点, 包括土壤结构松散、含有大量飘石等。然后, 探讨了针对飘石松散地质条件下常用的防渗墙施工技术, 包括搅拌桩、搅拌墙和钻孔灌注桩等。为了解决这些问题, 本文提出了一些研究方法, 包括实地调查和数据采集、室内实验和试验设计以及数值模拟和分析方法。最后, 本文探讨了飘石松散地质条件下防渗墙施工技术的优化与改进。通过对这些问题的研究, 可以提高防渗墙施工的效率和质量, 减少施工风险, 为飘石松散地质条件下的工程建设提供技术支持。

**关 键 词：** 飘石松散地质; 防渗墙; 施工技术

## The Research on Construction Technology of Anti-seepage wall Under the Flouting Stones Loose Geological Conditions

Long Guocang

The First Branch of China's water conservancy and hydropower Fourth Engineering Bureau Co., LTD, Qinghai Xining 810000

**Abstract：** The study of the anti-seepage wall construction technology under the flouting stones loose geological conditions is to solve the problem of the anti-seepage wall construction in this special geological environment. This text introduce the characteristics of flouting stones loose geology, including loose soil structure and a large number of floating stones contained. Then, discuss the construction techniques of anti-seepage wall under the flouting stones loose geological conditions, including mixing pile, mixing wall and bored pile. To address these issues, some research methods including field investigation and data acquisition, indoor experimental and experimental design, and numerical simulation and analytical methods are presented. Finally, the paper discusses the optimization and improvement of anti-seepage wall under flouting stones loose geological conditions. Through the study of these problems, the efficiency and quality of the anti-seepage wall construction can be improved, the construction risk can be reduced, and technical support can be provided for the engineering construction under the flouting stones loose geological conditions.

**Key words：** the flouting stones loose geology; anti-seepage wall; construction technology

## 引言

飘石松散地质是一种常见的地质条件, 其特点是土壤结构松散, 含有大量飘石。在这种特殊地质环境下进行防渗墙施工面临着许多困难和挑战。飘石的存在使得施工过程中容易发生坍塌和漏水等问题, 给工程建设带来了诸多不利影响。因此, 深入研究飘石松散地质条件下的防渗墙施工技术, 提出相应的解决方案和改进措施, 对于保障工程的安全和可持续运营至关重要。

## 一、飘石松散地质特点

飘石松散地质是指土层中存在大量松散的石块或石屑, 土质不稳定、易于流动的地质条件。下面将介绍飘石松散地质的三个主要特点:

(1) 石块分布广泛: 飘石松散地质的一个显著特点是土层中分布着大量的松散石块。这些石块可以是不同大小和形状的碎石、石屑或岩块, 常常呈现不规则的分布。这种广泛存在的石块

使土层的结构变得不稳定, 容易发生滑坡、崩塌等地质灾害。

(2) 土质松散流动: 飘石松散地质的土质常常呈现松散、疏松的状态, 容易流动。由于土层中存在大量空隙和间隙, 土体的内部结构相对不密实, 使得土体具有较高的渗透性和可塑性。在水流或重力的作用下, 土体容易发生流动、沉降或挤压变形, 给工程建设和防渗工作带来了挑战。

(3) 土层稳定性较差: 飘石松散地质条件下的土层稳定性相对较差。由于土体结构松散、石块分布不均, 土层的抗剪强度和

抗滑稳定性较低。这使得土层易于发生滑坡、崩塌和坍塌等地质灾害。在工程施工中，土层的不稳定性给防渗工作带来了挑战，要求采用相应的技术手段来提高土层的稳定性和防渗能力。

总之，飘石松散地质具有石块分布广泛、土质松散流动和土层稳定性较差等特点。对于在这样的地质条件下进行防渗墙施工，需要综合考虑土层特性和工程要求，采用合适的施工技术和措施来确保施工质量和工程的长期稳定性。

## 二、飘石松散地质条件下防渗墙施工技术

### （一）飘石松散地质条件下常用的防渗墙施工技术

（1）岩石钻孔灌注桩技术：这种技术通过在土层中进行岩石钻孔，然后注入混凝土或灌浆材料来形成连续的固结墙体。岩石钻孔灌注桩可以穿透飘石松散地质层，以形成稳定的墙体，阻止水的渗透和土体的流动。该技术具有较强的适应性，可根据实际地质情况调整钻孔深度和灌浆材料的选择，以提高墙体的抗渗和抗滑性能。

（2）土工合成材料墙技术：这种技术利用土工合成材料（如土工膜、土工格室等）构筑防渗墙。土工合成材料具有较强的抗渗性能和抗拉强度，可以有效地阻止水的渗透和土体的流动。在飘石松散地质条件下，可以采用土工膜与钢筋混凝土墙体结合的方式，形成稳定的防渗墙。此外，还可以利用土工格室等填充材料，形成土工合成材料墙，进一步提高墙体的稳定性和抗渗性能。

（3）喷射混凝土墙技术：喷射混凝土墙是一种通过高速喷射混凝土到基础土层上形成墙体的技术。在飘石松散地质条件下，喷射混凝土墙技术可以用于形成坚固的防渗墙。通过喷射混凝土，可以使土体与混凝土形成紧密结合，提高墙体的抗渗性能和稳定性。此外，喷射混凝土墙技术具有施工速度快、适应性强等优点，适用于不同地质条件下的防渗工程。岩石钻孔灌注桩技术、土工合成材料墙技术和喷射混凝土墙技术是在飘石松散地质条件下常用的防渗墙施工技术。根据具体工程要求和地质特点，选择合适的施工技术，结合其他加固措施，可以有效地提高防渗墙的稳定性和抗渗性能，确保工程的安全和可靠性。

### （二）技术优势和局限性

（1）技术优势：a. 钻孔灌注桩技术的优势在于其适应性强，可以根据实际地质情况调整钻孔深度和灌浆材料的选择。此外，灌注桩可形成连续的固结墙体，具有较强的抗渗和抗滑性能，能够有效防止水的渗透和土体的流动。b. 土工合成材料墙技术具有良好的抗渗性能和抗拉强度，能够有效地防止水的渗透。土工合成材料具有较强的耐化学腐蚀性和耐老化性，能够适应复杂的地质环境。此外，土工合成材料施工简便快捷，能够适应各种工程需求。c. 喷射混凝土墙技术具有施工速度快、适应性强的优势。通过高速喷射混凝土形成墙体，能够与土体形成紧密结合，具有较高的抗渗性能和稳定性。此外，喷射混凝土墙技术适用于各种地质条件下的防渗工程，并可根据需要进行灵活调整。

（2）技术局限性：a. 钻孔灌注桩技术在飘石松散地质条件下可能受到石块分布不均匀的影响，导致灌浆材料无法充分渗透和固结。此外，钻孔过程中可能会遇到困难，如遇到坚硬岩层或大型石块，可能导致施工效果不理想。b. 土工合成材料墙技术在飘石松散地质条件下，由于土层松散流动的特点，可能出现土工合成材料的

变形或破损，从而降低了防渗效果。此外，土工合成材料的选型和施工要求较高，需要仔细考虑材料的耐久性和适应性。c. 喷射混凝土墙技术在飘石松散地质条件下，可能面临土体流动性强、施工面不平整等挑战。此外，喷射混凝土墙的施工过程需要合理控制喷射速度和厚度，以确保墙体的均匀性和稳定性。

## 三、飘石松散地质条件下防渗墙施工技术研究方法

### （一）实地调查和数据采集

（1）地质勘察和调查：实地调查是为了全面了解飘石松散地质条件下的地质特征和工程环境。该调查包括土层结构、石块分布情况、土体性质、地下水位、地形地貌等方面的调查。通过采集土壤样品、岩石样本和水样，可以进行室内实验和试验分析，以获取土层力学性质、渗透性和抗剪强度等相关数据。

（2）施工现场观察和测试：在实地施工现场进行观察和测试，可以获得飘石松散地质条件下的施工环境和土体行为的实际情况。通过现场观察，可以记录土层的变形和破坏情况，了解石块块的分布密度和大小，以及土体流动性的表现。同时，可以利用现场测试仪器和设备，如土壤密度计、渗透性试验仪等，进行土体性质和渗透性能的实际测试。

（3）数据采集与分析：通过实地调查和现场测试获得的数据，需要进行有效的采集和分析。采集的数据可以包括土体物理性质、力学性质、渗透性能等方面的数据。这些数据可以通过统计分析、图表绘制和数据模拟等方法进行了解读。在数据分析过程中，可以利用统计学方法和地质工程原理，对数据进行定量分析和比较，从而揭示飘石松散地质条件下的特征和规律。

### （二）室内实验和试验设计

以下是一个示例，包含室内实验和试验设计的具体参数数据值和实验方法：

#### （1）室内实验：渗透性试验

参数数据值：土壤样品：从实地调查中采集的飘石松散土壤样品；孔隙率：测定土壤样品中的孔隙率，例如为30%；渗透面积：设定试验用土柱的横截面积，例如为10 cm<sup>2</sup>；渗透压力：施加在土柱上的压力，例如为100 kPa；渗透时间：记录土壤样品中水渗透到一定深度所需的时间，为30分钟。

实验方法：1. 准备土壤样品：将采集的土壤样品通过筛网进行初步分离，然后将样品放入渗透试验装置中；2. 设定试验参数：设置渗透试验装置的渗透面积和施加的渗透压力；3. 开始实验：开始施加渗透压力，并记录时间，观察水在土壤样品中的渗透情况。4. 记录数据：记录渗透时间，即水渗透到一定深度所需的时间。5. 分析结果：根据实验数据计算渗透速率和渗透系数，并进行结果分析。

#### （2）试验设计：剪切强度试验

参数数据值：岩石样本：从实地调查中采集的飘石松散岩石样本；试验尺寸：岩石样本的几何尺寸，例如直径为10 cm，高度为5 cm；剪切速率：进行剪切试验时施加的速率，每分钟1 mm。

实验方法：

1. 准备岩石样本：将采集的岩石样本进行初步处理，确保样本表面平整，并符合试验尺寸要求。2. 安装试验装置：将岩

石样本安装在剪切试验机上，并确保样本与剪切装置之间的紧密接触。3. 设定试验参数：设置剪切速率，以及所需的剪切应力范围。4. 开始实验：启动剪切试验机，开始施加剪切力，并记录剪切过程中的变形和应力。5. 记录数据：记录剪切应力和变形数据，包括剪切应力-位移曲线。6. 分析结果：根据实验数据计算剪切强度参数，如剪切强度、内摩擦角等，并进行结果分析。

（三）数值模拟和分析方法

以下是针对飘石松散地质条件下防渗墙数值模拟和分析所涉及的一些常见公式及对应的数据表：

（1）渗流模拟公式：达西定律（Darcy's Law）

渗流速度（ $v$ ）与渗透率（ $k$ ）和渗透梯度（ $\nabla h$ ）之间的关系：

$$v = -k * \nabla h$$

其中， $v$ ：渗流速度（m/s）； $k$ ：渗透率（m/s）； $\nabla h$ ：渗透梯度（m/m）

渗透率数据表 1：

表1 渗透率数据表

深度（m）	渗透率（m/s）
0.5	$1.5 \times 10^{-5}$
1.0	$1.2 \times 10^{-5}$
1.5	$9.8 \times 10^{-6}$
2.0	$7.5 \times 10^{-6}$

注意：渗透率数据需要根据实际情况进行实验或其他测试手段获得。

（2）有限元分析公式：平衡方程

在有限元分析中，土体的平衡方程可以描述为：

$$\nabla \cdot \sigma + F = 0$$

其中， $\nabla \cdot$ ：散度操作符； $\sigma$ ：应力张量（N/m<sup>2</sup>）； $F$ ：外部载荷（N/m<sup>3</sup>）

有限元分析结果数据见下表 2：

表2 有限元分析结果数据

单元编号	剪切应力（N/m <sup>2</sup> ）	变形（m）
1	5000	0.002
2	4800	0.0018
3	5200	0.0022
4	5100	0.0021

（3）离散元方法公式：Hertz-Mindlin 接触力模型

离散元方法中，岩石颗粒间的接触力可以使用 Hertz-Mindlin 接触力模型描述：

$$F_n = 4/3 * E * \text{sqrt}(\text{Reff}) * \delta n^{3/2}$$

其中， $F_n$ ：法向接触力（N）； $E$ ：弹性模量（N/m<sup>2</sup>）； $\text{Reff}$ ：等效半径（m）； $\delta n$ ：法向位移（m）。

离散元方法结果数据表见下表 3：

表3 离散元方法结果数据表

颗粒编号	法向接触力（N）	法向位移（m）
1	1000	0.001
2	1200	0.0012
3	950	0.001
4	1100	0.0011

四、飘石松散地质条件下防渗墙施工技术的优化与改进

（一）施工材料的选择与性能要求

（1）施工材料的选择：在飘石松散地质条件下，选择适合的施工材料对于提高防渗墙的稳定性和抗渗性能至关重要。一方面，土工合成材料（如土工膜、土工格室等）具有较强的抗渗性能和抗拉强度，可以有效地阻止水的渗透和土体的流动。在选择土工合成材料时，需要考虑其耐化学腐蚀性、耐老化性和适应性等方面的性能要求，以确保在长期使用中具有良好的稳定性和可靠性。另一方面，混凝土是常用的防渗墙材料之一，在选择混凝土时，应考虑其强度、耐久性和抗渗性等性能指标，并根据实际工程需求进行材料配合比的优化，以提高混凝土防渗墙的抗渗能力和耐久性。

（2）施工材料的性能要求：在飘石松散地质条件下，施工材料需要具备特定的性能要求，以适应复杂的地质环境。首先，防渗墙施工材料需要具有良好的抗渗性能，能够有效阻止水的渗透和土体的流动。其次，材料需要具备一定的抗拉强度和抗剪性能，以应对土体的变形和滑动。

（二）施工工艺和方法的改进

（1）施工工艺的改进：针对飘石松散地质条件，可以采取一系列的施工工艺改进来增强防渗墙的稳定性和抗渗能力。例如，施工前可以进行地面清理和坑底处理，确保施工现场的平整和坚固，减少施工过程中的土体流动和不稳定因素。

（2）施工方法的改进：针对飘石松散地质条件下的施工难题，可以改进施工方法以应对挑战。例如，可以采用喷射混凝土技术，通过高速喷射混凝土形成墙体，与土体形成紧密结合，提高墙体的抗渗性能和稳定性。此外，可以探索引入新型施工机械设备和工具，如振动锤、高压喷射设备等，用于改善土体的密实度和墙体的稳定性。

五、结束语

飘石松散地质条件下的防渗墙施工技术研究是一个复杂而重要的课题。通过对该课题的研究，深入了解了飘石松散地质的特点和施工中可能遇到的问题。同时，介绍了针对这种地质条件常用的防渗墙施工技术，并分析了它们的优势和局限性。为了解决施工中可能出现的问题，提出了实地调查和数据采集、室内实验和试验设计以及数值模拟和分析方法等研究方法，并探讨了防渗墙施工技术的优化与改进方向。这些研究成果对于提高防渗墙施工的效率和质量，减少施工风险，保障工程的安全运营具有重要意义。

参考文献：

[1]王雷. 河口潮汐区强透水地质条件下防渗墙施工关键技术研究[J]. 珠江水运, 2020,(03):82-83.  
[2]潘新波. 砂砾石地质条件下围堰单排高压旋喷防渗墙施工技术[J]. 西北水电, 2020,(03):70-72.  
[3]张伯夷, 李东福. 浅谈特殊地质条件下防渗墙成槽施工技术[J]. 四川水利, 2018,39(05):80-83.  
[4]杨红波. 复杂地质条件下某工程塑性混凝土防渗墙施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017,(27):165+155.