

# 水利施工中软土地基处理的方法研究

江 秀

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘 要：**水利工程建设作为国家基础设施的重要组成部分，其质量与稳定性直接关系到社会经济的发展和人民生命财产的安全。在水利施工过程中，软土地基问题一直是影响工程质量和进度的关键因素之一。软土地基具有高压缩性、低强度、透水性差等特点，若处理不当，极易引发地基沉降、变形等病害，影响水利工程的正常使用和安全运行。因此，深入研究水利施工中软土地基处理的方法具有重要的现实意义。本文旨在探讨水利施工中软土地基处理的各种方法，分析其原理、适用范围及优缺点，并结合实际工程案例，为水利工程建设中软土地基处理提供科学依据和技术支持。

**关键词：**水利工程；软土地基；地基处理

## 1 引言

水利工程是用于控制和调配自然界的地表水和地下水，达到除害兴利目的而修建的工程。它对于防洪、灌溉、发电、航运等方面发挥着至关重要的作用。然而，在水利工程建设过程中，常常会遇到软土地基的情况。软土地基是指由软土构成的地基，软土一般包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等，这些土体具有天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低、渗透性差等特点。当水利工程建筑物修建在软土地基上时，由于地基承载能力不足，容易产生过大的沉降和不均匀沉降，导致建筑物出现裂缝、倾斜甚至破坏，严重影响水利工程的安全和使用寿命。因此，如何有效地处理软土地基，提高地基的承载能力和稳定性，是水利工程建设中亟待解决的重要问题。

## 2 软土地基对水利工程的影响

### 2.1 沉降问题

软土地基在荷载作用下会产生较大的压缩变形，导致建筑物出现沉降。由于软土地基的不均匀性，沉降往往是不均匀的，这种不均匀沉降会使建筑物产生附加应力，当附加应力超过建筑物的承受能力时，就会引起建筑物的开裂、倾斜甚至倒塌<sup>[1]</sup>。例如，在一些大型水库的坝基处理中，如果软土地基处理不当，坝体可能会因不均匀沉降而产生裂缝，影响水库的蓄水和防洪功能。

### 2.2 稳定性问题

软土地基的抗剪强度较低，在水利工程施工过程中，如开挖、填筑等，可能会破坏地基的平衡状态，导致地基失稳。例如，在渠道边坡施工中，软土地基可能会因边坡土体的自重和外部荷载作用而发生滑动，影响渠道的正常运行。此外，在水工建筑物的抗震设计中，

软土地基的低强度和高压缩性也会降低建筑物的抗震性能，增加地震时建筑物破坏的风险。

### 2.3 渗透问题

软土地基的渗透性差，这在一定程度上有利于防止地基土的渗透变形。但在某些情况下，如水库蓄水后，水压力可能会使软土地基中的细颗粒发生移动，导致地基渗透性增大，引发管涌、流土等渗透破坏现象，影响水利工程的安全。

## 3 水利施工中软土地基处理的常见方法及原理

### 3.1 换填法

换填法是将基础底面以下一定范围内的软弱土层挖去，然后换填强度较高、压缩性较低、性能稳定的材料，如砂、碎石、灰土等，并分层夯实至要求的密实度，从而改善地基的承载能力和变形特性。适用于浅层软土地基处理，一般换填深度不超过 3m。常用于处理暗沟、暗塘等软弱地基以及一些小型水利工程的浅层不良地基。优点是施工工艺简单，质量控制容易，能有效提高浅层地基的承载力，减少沉降。缺点是换填深度有限，对于深层软土地基不适用，且挖运和回填土方量较大，工程造价相对较高。

### 3.2 排水固结法

排水固结法是通过在软土地基中设置排水体系（如砂井、塑料排水板等），然后施加预压荷载（如堆载预压、真空预压等），使地基土中的孔隙水逐渐排出，孔隙体积减小，地基发生固结变形，从而提高地基的强度和稳定性，减少工后沉降。适用于处理饱和软粘土地基，尤其适用于地基土的渗透性较低但厚度较大的情况。常用于大型水库、堤防、港口等水利工程的地基处理。优点是能有效降低地基的压缩性，提高地基的承载

力,且施工设备相对简单,成本较低<sup>[2]</sup>。缺点是处理周期较长,需要较长时间的预压期才能达到预期的处理效果,同时预压荷载的施加需要严格控制,否则可能会对周围环境造成影响。

### 3.3 强夯法

强夯法是利用重锤自由下落时的冲击能来夯实浅层软土地基,使地基土受到强烈的冲击和振动,土颗粒重新排列,孔隙减小,从而提高地基的强度和密实度。强夯过程中产生的冲击波还会使地基土中的水分和气体排出,加速地基的固结。适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。对于软土地基,当其含水量适中时也可采用强夯法进行处理,但一般需要结合其他方法进行综合处理。优点是加固效果显著,施工速度快,设备简单,造价低廉。缺点是施工过程中会产生较大的振动和噪音,对周围环境有一定影响,且对于深层软土地基的处理效果有限,夯击能的有效影响深度一般不超过 10m。

### 3.4 水泥搅拌桩法

水泥搅拌桩法是利用水泥作为固化剂,通过特制的深层搅拌机械,在地基深处就将软土和水泥强制搅拌,使软土和水泥发生一系列物理化学反应,形成具有一定强度和稳定性的水泥加固土桩体。这些桩体与周围软土共同构成复合地基,从而提高地基的承载能力和减少沉降。适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、粘性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基<sup>[3]</sup>。在水利工程建设中,常用于处理堤防、水闸、泵站等建筑物的基础软土地基。优点是施工时对周围环境影响小,能有效提高软土地基的承载力,减少沉降,且桩长可根据需要灵活调整。缺点是施工质量受施工工艺和操作人员技术水平影响较大,水泥用量较多,工程造价相对较高,同时对于有机质含量较高的软土,处理效果可能会受到一定影响。

### 3.5 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法是利用钻机将带有喷嘴的注浆管钻入至软土地基的预定深度,然后以 20 - 40MPa 的高压将浆液(如水泥浆)从喷嘴中喷射而出,冲击切割土体,使土体与浆液充分混合搅拌,形成具有一定强度的固结体。这些固结体与周围土体共同作用,改善地基的物理力学性能。适用于处理淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土、砂土、人工填土和碎石土等地基。在水利工程中,可用于加固堤防基础、处理水工建筑物基础的渗漏问题以及提高地基的承载力等。优点是施工设备简单,操作方便,能根据需要调整喷射方向和范围,对周围环境影

响小,固结体形状和强度可根据工程要求进行控制。缺点是施工成本较高,对于地下水流速较大的地层,浆液可能会被水流冲走,影响加固效果,同时施工过程中可能会产生地面隆起等不良现象。

## 4 水利施工中软土地基处理方法的选择依据

### 4.1 地质条件

地质条件是选择软土地基处理方法的首要依据。包括软土的成因、类型、厚度、分布范围、物理力学性质(如含水量、孔隙比、压缩性、抗剪强度等)以及地下水位等情况。例如,对于厚度较浅的软土地基,换填法可能是一种经济有效的选择;而对于深层软土地基,排水固结法、水泥搅拌桩法等可能更为合适。如果软土中含有较多的有机质或腐殖质,可能会影响水泥搅拌桩法和高压喷射注浆法的处理效果,此时需要综合考虑其他方法或采取相应的处理措施。

### 4.2 工程要求

工程要求包括建筑物的类型、规模、使用功能、对地基承载力和变形的要求以及工期要求等。不同类型的水利工程建筑物对地基的要求差异较大。例如,大型水坝对地基的稳定性和变形控制要求极高,可能需要采用多种方法相结合的综合处理方案;而一些小型渠道或涵洞等建筑物,对地基的要求相对较低,可根据实际情况选择较为简单的处理方法<sup>[4]</sup>。同时,工期要求也会影响处理方法的选择,如果工期紧张,可能需要选择施工速度较快的方法,如强夯法等。

### 4.3 环境因素

环境因素主要包括施工现场周围的环境条件,如是否有居民区、建筑物、地下管线等,以及对环境保护的要求。一些处理方法,如强夯法,会产生较大的振动和噪音,对周围环境影响较大,在居民区附近或对振动敏感的场所不宜采用。此外,对于一些有环境保护要求的区域,如自然保护区、水源地等,应选择对环境影响较小的处理方法,如水泥搅拌桩法、高压喷射注浆法等。

### 4.4 经济因素

经济因素是选择软土地基处理方法时必须考虑的重要因素之一。不同的处理方法造价差异较大,在满足工程要求的前提下,应尽量选择造价较低、经济效益较好的方法。在比较各种方法的造价时,不仅要考虑直接成本,如材料费、设备费、人工费等,还要考虑间接成本,如工期延长导致的费用增加、对周围环境造成损害的赔偿费用等。同时,还应综合考虑方法的长期效益,如处理后的地基在使用过程中的维护成本等。

## 5 实际工程案例分析

### 5.1 某水库除险加固工程软土地基处理

#### 5.1.1 工程概况

该水库为中型水库，主要功能为灌溉和防洪。在除险加固过程中，发现大坝部分坝段基础存在软土地基问题，软土厚度为 2 - 4m，主要为淤泥质土，含水量高，压缩性大，承载力低。

#### 5.1.2 处理方法选择

综合考虑地质条件、工程要求、环境因素和经济因素，决定采用换填法与排水固结法相结合的处理方案。对于软土厚度较浅（小于 3m）的坝段，采用换填法，将软土挖除，换填砂砾石并分层夯实；对于软土厚度较深（3 - 4m）的坝段，先采用换填法处理表层 1 - 2m 的软土，然后在剩余软土层中设置塑料排水板，进行堆载预压排水固结处理。

#### 5.1.3 处理效果

经过处理后，对地基进行了检测，结果表明地基的承载力显著提高，压缩性明显降低，沉降量控制在允许范围内。在后续的水库蓄水运行过程中，大坝未出现因软土地基问题而产生的异常变形和裂缝，保障了水库的安全运行。

### 5.2 某港口工程软土地基处理

#### 5.2.1 工程概况

该港口工程位于沿海地区，场地内存在大面积的软土地基，主要为淤泥和淤泥质土，厚度达 10 - 15m，天然含水量高达 60% - 80%，孔隙比大，抗剪强度低，渗透性差。

#### 5.2.2 处理方法选择

考虑到工程规模较大，对地基承载力和变形要求较高，且工期较为紧张，同时周围环境对振动和噪音较为敏感，决定采用水泥搅拌桩法与真空预压法相结合的综合处理方案。先采用水泥搅拌桩法对软土地基进行加固，形成复合地基，提高地基的初期承载力；然后在桩间土中设置塑料排水板，进行真空预压处理，进一步加速地基的固结沉降，提高地基的最终承载力。

#### 5.2.3 处理效果

处理完成后，通过现场检测和监测数据分析，地基的承载力达到了设计要求，工后沉降量较小，满足港口工程的使用要求。在码头的建设和运营过程中，地基表现稳定，未出现因软土地基问题而影响工程质量和安全的情况。

## 6 结论与展望

### 6.1 结论

水利施工中软土地基处理是确保工程质量、安全和稳定运行的关键环节。本文对水利施工中软土地基处理的常见方法，包括换填法、排水固结法、强夯法、水泥搅拌桩法和高压喷射注浆法等进行了详细研究，分析了各方法的原理、适用范围及优缺点。同时，探讨了软土地基处理方法的选择依据，包括地质条件、工程要求、环境因素和经济因素等，并结合实际工程案例进行了分析。在实际工程中，应根据具体的地质条件、工程要求和环境因素，综合考虑各种方法的优缺点和经济性，选择合适的地基处理方法或多种方法相结合的综合处理方案。通过科学合理的地基处理，可以有效提高软土地基的承载能力和稳定性，减少沉降和不均匀沉降，保障水利工程的安全运行和正常使用。

### 6.2 展望

随着水利工程建设技术的不断发展和对工程质量要求的不断提高，软土地基处理技术也将不断创新和完善。未来，软土地基处理技术的研究方向可能包括以下几个方面：（1）新型处理材料的研发：开发具有更高强度、更好耐久性和更低成本的新型地基处理材料，如高性能固化剂、新型土工合成材料等，以提高地基处理效果和降低工程造价。（2）处理工艺的优化与创新：进一步优化现有地基处理工艺，提高施工效率和质量。同时，探索新的地基处理方法和新技术，如生物加固技术、电渗加固技术等，为软土地基处理提供更多的选择。（3）智能化监测与控制技术的应用：利用传感器、物联网、大数据等智能化技术，对软土地基处理过程进行实时监测和控制，及时掌握地基的变形、应力等变化情况，实现施工过程的精准控制和动态调整，确保地基处理质量。（4）绿色环保处理技术的推广：在软土地基处理过程中，更加注重环境保护，推广采用绿色环保的处理技术和材料，减少对周围环境的污染和破坏，实现水利工程建设与环境保护的协调发展。

### 参考文献

- [1] 江东伟.水利堤防施工软土地基处理方法研究[J].现代工程科技,2024,3(18):37-40.
- [2] 洪伟城.水利大坝施工过程中软土地基处理方法分析[J].工程技术研究,2023,8(17):220-222.
- [3] 郭国辉.试析水利施工中软土地基处理的方法[J].珠江水运,2021,(13):34-36.
- [4] 傅文忠.水利施工中软土地基处理的方法[J].黑龙江水利科技,2020,48(09):148-150.