

# 河道堤防工程软基处理常用施工技术探讨

张家泽

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

**摘要：**河道堤防工程软基处理是保障堤防安全的关键环节。本文探讨了常用的几种软基处理施工技术，包括堤身自重挤淤法、换土垫层法、桩基法、排水固结法及旋喷法。这些技术各有优缺点，但均能有效提高软土地基的承载力和稳定性，减少地基沉降，保障堤防工程的安全。在实际应用中，需根据地质条件和施工要求合理选择技术，确保处理效果达到设计要求。

**关键词：**河道堤防工程；软基处理；常用施工技术

引言：河道堤防工程作为防洪体系的重要组成部分，其稳定性直接关系到下游地区的安全。然而，软土地基的存在给堤防建设带来了巨大挑战。本文旨在探讨河道堤防工程中常用的软基处理技术，包括堤身自重挤淤法、换土垫层法、桩基法、排水固结法及旋喷法等，以期提升堤防工程的稳定性与耐久性提供技术参考，保障防洪安全。

## 1 河道堤防工程软基特征分析

### 1.1 软土地基及其成因

软土地基，作为工程建设中一种常见的特殊地质条件，主要指由淤泥、泥炭土、高压缩性粘土等软弱土层构成的地基。这些土层的形成多与自然地质过程紧密相关，如河流冲积、湖泊沉积、海洋沉积以及生物活动（如泥炭层的形成）等。在长时间的地质历史中，这些沉积物未经过充分的固结或压密，因此保留了较高的水分含量和较大的孔隙比，形成了现今我们所说的软土地基。

### 1.2 软土地基的物理力学特性

软土地基的物理力学特性是其对工程稳定性和安全性产生重要影响的关键因素。首先，软土具有高含水量的特点，这意味着其内部含有大量自由水和结合水，使得土体的固结和强度提升过程变得缓慢且复杂。其次，由于孔隙比大、颗粒间结合力弱，软土地基通常表现出低承载力的特性，难以直接承受上部结构的重量。此外，高压缩性也是软土的一个重要特征，即在外力作用下，土体体积易发生显著变化，导致地基沉降。最后，低透水性限制了软土中水分的排出速度，进一步加剧了固结过程的缓慢性和地基沉降的长期性。

### 1.3 软土地基对河道堤防工程的具体影响

河道堤防工程作为防洪减灾的重要设施，其稳定性和安全性直接关系到下游人民生命财产的安全。然而，软土地基的存在却对河道堤防工程构成了严峻的挑战。

首先，软土地基的高压缩性和低承载力导致堤防工程在自身重量和水压力作用下易发生沉降，进而影响堤防的防洪功能。其次，沉降的不均匀性还可能引发堤防裂缝的产生，破坏堤防的整体性，降低其抗渗和抗滑能力。更为严重的是，当软土地基发生大规模滑动时，将直接导致堤防滑坡事故的发生，对周边区域造成毁灭性的破坏。此外，软土地基的低透水性还可能导致地下水位的上升，增加堤防工程的渗透压力，加剧堤防的渗漏问题。这不仅会削弱堤防的稳定性，还可能引发管涌、流土等险情，对堤防的安全构成严重威胁。因此，在河道堤防工程的建设和维护过程中，必须高度重视软土地基的处理问题。通过科学合理的技术手段，对软土地基进行有效的加固和改良，以提高堤防工程的稳定性和安全性，确保其在防洪减灾中发挥应有的作用。

## 2 河道堤防工程软基处理的重要性与难点

### 2.1 强调软基处理对保障堤防工程安全性的重要性

在河道堤防工程的建设与运营中，软土地基的处理无疑占据了举足轻重的地位。这是因为软土地基的特性直接关联到堤防工程的整体稳定性和安全性，对防洪减灾效果具有决定性影响。软土地基的高含水量、低承载力、高压缩性和低透水性等特点，使得其难以直接承受堤防结构的重量和水压力，容易引发地基沉降、裂缝、滑坡等严重问题。这些问题不仅会降低堤防的防洪能力，还可能对周边环境和居民生命财产安全构成威胁<sup>[1]</sup>。因此，对软土地基进行有效处理，是确保堤防工程安全稳定运行的必要前提。通过采用科学合理的处理技术，改善软土地基的物理力学性质，提高其承载力和稳定性，可以显著降低地基沉降风险，减少裂缝和滑坡等问题的发生，从而保障堤防工程在极端天气条件下的防洪效果和长期使用的耐久性。此外，软基处理还能够提升堤防工程的整体性能，增强其抗渗、抗滑、抗震等能力，为周

边地区的经济社会发展提供更加坚实的保障。

## 2.2 分析软基处理的难点

尽管软基处理对于河道堤防工程的安全性至关重要，但在实际操作过程中却面临着诸多难点和挑战。

(1) 处理成本高：软土地基的处理通常需要采用复杂的技术手段和大量的工程材料，如桩基法、排水固结法、旋喷法等，这些技术的实施成本往往较高。此外，由于软土分布的广泛性和不均匀性，导致处理面积大、工程量大，进一步增加了处理成本。因此，如何在保证处理效果的同时降低成本，是软基处理面临的重要难题之一。(2) 技术难度大：软土地基的处理技术复杂多样，不同的处理技术适用于不同的地质条件和工程需求。在选择合适的处理技术时，需要综合考虑多种因素，如地质勘察数据、工程设计要求、施工条件等。同时，在施工过程中还需要严格控制施工质量，确保处理效果达到设计要求。这些都对技术人员的专业水平和实践经验提出了较高要求。(3) 环境影响因素多：河道堤防工程的建设和运营往往受到多种环境因素的影响，如气候、水文、地质等。这些因素的变化都可能对软土地基的处理效果产生影响，如降雨可能导致地基湿度增加、水位上升等，进而影响地基的固结速度和稳定性。因此，在软基处理过程中需要充分考虑环境因素的变化，并采取相应的措施进行应对。(4) 工期紧迫：河道堤防工程通常具有较高的紧急性和时效性要求，特别是在防洪减灾的关键时期。因此，软基处理往往需要在有限的时间内完成，以确保堤防工程能够及时投入使用。然而，软基处理通常需要较长的施工周期和养护时间，这与工期的紧迫性形成了矛盾。如何在保证施工质量的同时加快施工进度，是软基处理面临的又一难题。

## 3 河道堤防工程软基处理常用施工技术

### 3.1 堤身自重挤淤法

(1) 技术原理：堤身自重挤淤法是一种利用堤身自身重量逐渐挤出软土中水分和空气，从而提高地基密度和承载力的方法。这种方法基于土壤的物理力学性质，通过逐步增加堤身的重量，使下方的软土在压力作用下逐渐固结，达到增强地基承载力的目的。(2) 施工步骤：首先，需要进行详细的地质勘察，了解软土层的分布、厚度和性质，以确定是否适合采用此方法。然后，按照设计要求逐步加高堤身，并严格控制加高的速度和坡度，以避免过快加高导致地基失稳。在施工过程中，还需加强对堤身的监测和检查，确保施工过程的稳定性和安全性<sup>[2]</sup>。(3) 优缺点分析：1) 优点：堤身自重挤淤法施工简单，无需额外的材料和设备，成本相对较低。

同时，该方法充分利用了堤身自身的重量进行固结，无需额外的能源或化学药剂，对环境影响小。2) 缺点：然而，该方法的效果受地质条件和施工控制影响较大。在地质条件复杂或软土层较厚的情况下，单纯依靠堤身自重可能难以达到理想的加固效果。此外，施工过程中的速度控制和稳定性监测也至关重要，稍有不慎就可能导致地基失稳或沉降不均等问题。

### 3.2 换土垫层法

(1) 技术原理：换土垫层法是一种将不符合要求的软土挖除，并换填以强度较高、透水性好的材料（如砂砾、碎石）的方法。通过换填优质材料，可以显著提高地基的承载力和稳定性，同时加速地基的排水固结过程。(2) 施工步骤：首先，需要开挖出软土层，并将挖出的软土运出场外。然后，按照设计要求分层换填新材料，并逐层压实以确保新土层的密实度和承载力。最后，对新换填的地基进行质量检测，确保其满足设计要求。(3) 优缺点分析：1) 优点：换土垫层法效果显著，能够迅速提高地基的承载力和稳定性。同时，由于采用优质材料进行换填，地基的透水性也得到显著改善，有利于加速地基的排水固结过程。2) 缺点：然而，该方法成本较高且施工量大。在软土层较厚或分布范围广泛的情况下，需要投入大量的人力、物力和财力进行换填工作。此外，施工过程中的开挖和回填作业还可能对周边环境造成一定影响。

### 3.3 桩基法

(1) 技术原理：桩基法通过在软土地基中打入桩基（如钢筋混凝土桩），利用桩基的高承载力和稳定性将上部荷载传递到下部稳定地层中。这种方法可以有效地跨越软弱土层，确保堤防工程的稳定性和安全性。(2) 施工步骤：首先，需要进行详细的勘察和设计工作，确定桩基的位置、数量、类型和规格等参数。然后，根据设计要求进行成孔作业，成孔方式可根据地质条件和施工条件选择，如钻孔、冲击成孔等。在成孔过程中，需控制孔径、孔深和垂直度等参数，确保成孔质量。接下来，进行钢筋笼的制作和安放，钢筋笼需符合设计要求和规范标准，确保其强度和刚度能够满足使用要求。之后，向孔内灌注混凝土，形成桩基。灌注过程中需控制混凝土的质量和灌注速度，避免断桩、缩颈等质量问题。最后，进行桩基的养护和检测工作，确保桩基的承载力和稳定性满足设计要求<sup>[3]</sup>。(3) 优缺点分析：1) 优点：桩基法承载能力强，稳定性好，能够适应多种复杂的地质条件。通过打入桩基，可以跨越软弱土层，将上部荷载有效地传递到下部稳定地层，从而显著提高地

基的承载力和稳定性。此外，桩基施工机械化程度高，施工效率高，对周边环境的影响相对较小。2) 缺点：然而，桩基法的施工相对复杂，需要专业的施工队伍和设备进行作业。同时，桩基的成本也较高，尤其是在长桩和大直径桩的施工中，需要投入大量的材料和人力资源。此外，桩基施工对地质条件的依赖性较大，需要进行详细的勘察和设计工作，以确保桩基的承载力和稳定性满足要求。

### 3.4 排水固结法

(1) 技术原理：排水固结法通过设置排水系统（如水平排水砂垫层、竖向排水砂井或塑料排水板等），加速地基的排水固结过程，从而提高地基的强度和稳定性。排水系统能够将地基中的水分迅速排出，减小土体的孔隙比，提高土体的密实度和承载力。(2) 施工步骤：首先，铺设水平排水砂垫层，作为水平方向的排水通道。然后，根据地需要在地基中设置竖向排水砂井或塑料排水板，形成立体的排水网络。之后，施加预压荷载（如堆载、真空预压或联合预压等方式），使地基在荷载作用下加速排水固结。在排水固结过程中，需定期监测地基的沉降、变形和固结情况，确保排水系统正常运行和加固效果达到预期目标。(3) 优缺点分析：1) 优点：排水固结法能够有效降低地基的沉降，提高地基的承载力和稳定性。同时，该方法成本相对较低，无需大量材料投入，施工过程也较为简单。此外，排水固结法还具有良好的适应性，可应用于多种类型的软土地基处理。2) 缺点：然而，排水固结法的施工周期较长，需要持续监测和调整以确保加固效果。在排水过程中，可能会对周边环境造成一定影响，如地下水位的下降和地表沉降等。此外，排水固结效果受地质条件影响较大，在地质条件复杂或地下水位较高的地区可能需要采取额外的措施来增强排水效果。

### 3.5 旋喷法

(1) 技术原理：旋喷法的关键在于高压喷射的力量以及浆液与土体之间的混合效果。高压喷射使浆液能够穿透并破碎土体颗粒，同时浆液中的水泥等成分与土体

中的水分发生水化作用，形成水泥胶结体。这些胶结体在土体中相互交织，形成一张紧密的网络结构，从而提高土体的整体强度和稳定性。(2) 施工步骤：施工步骤严谨且技术性强。前期充分准备后，精确钻孔确保孔质；随后，注浆管精准插入并固定，为注浆奠定基础。注浆过程中，精细调控压力、速度与量，保证浆液与土体充分融合，避免漏注或不足。注浆同时，注浆管缓缓提升与旋转，使浆液均匀喷射并沿孔壁固结，形成致密加固层。这一过程需密切监控，适时调整，确保每一环节均达到最佳效果。最终，经过多轮注浆与提升旋转，形成坚固的旋喷桩或连续墙，显著提升地基的承载与稳定性能，为堤防工程提供坚实保障。(3) 优缺点分析：1) 优点：旋喷法加固效果显著，能够显著提高地基的承载力和稳定性。同时，施工效率高，对周边环境影响小。旋喷法还具有适应性强的特点，可应用于多种类型的软土地基处理。2) 缺点：然而，旋喷法的材料费用相对较高，因为需要使用高质量的水泥或其他化学浆液。此外，旋喷法对地质条件的依赖性较强，对于含有大量有机质的土层或地下水丰富的地区，其加固效果可能会受到影响。同时，施工过程中的技术要求较高，需要专业的施工队伍和设备进行作业。

### 结束语

通过对河道堤防工程软基处理常用施工技术的探讨，我们认识到不同方法各有其适用条件和优势。在实际工程中，需综合考虑地质条件、施工成本、工期要求等因素，科学选择和优化组合处理技术。未来，随着技术的不断进步和创新，相信软基处理技术将更加高效、环保，为河道堤防工程的安全与稳定提供更加坚实的保障。

### 参考文献

- [1] 邓艳. 软土地基施工技术在河道堤防工程中的应用[J]. 珠江水运, 2019(09): 29-30.
- [2] 张帆. 水利堤防工程软土地基处理施工技术[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(07): 163-164.
- [3] 张晓磊. 河道堤防施工过程中软土地基处理技术分析[J]. 黑龙江水利科技, 2020, 46(01): 152-154.