

# 公路工程施工中软土地基处理的新技术应用

陈小丽

湖北省武汉市，湖北交投建设集团有限公司，430070；

**摘要：**公路工程作为国家基础设施建设的关键部分，软土地基处理是施工中的重大挑战。传统处理方法在效率、施工周期和环境影响方面存在不足。随着科技发展，高压喷射、真空预压等新软土地基处理技术不断涌现，不仅提升处理效果，还减少对环境的影响，符合可持续发展要求。本文分析了软土地基特点及挑战，阐述研究软基处理新技术的必要性，并详细介绍了新型复合地基技术、轻质材料与生态技术、过渡段与特殊路段处理技术以及智能监测与数字化管理等新技术在公路工程施工软土地基处理中的应用。

**关键词：**公路工程施工；软土地基处理；新技术应用

DOI:10.69979/3029-2727.24.09.011

## 1 软土地基的特点及挑战

软土地基是指含水量较高、土体结构松散、强度较低的土壤层，通常由粘土、淤泥或腐植土等组成。其独特的物理特性使其在工程建设中面临诸多挑战。软土地基的主要特点包括高含水量和低承载能力。高含水量导致土体的有效应力降低，进而影响土壤的强度和稳定性。软土的抗剪强度通常较低，受荷后易发生沉降和变形，影响上部结构的安全性。此外，软土地基的压缩性和液化特性在地震等特殊情况下尤为突出，可能导致严重的工程事故。

在工程施工中，软土地基所带来的挑战主要体现在以下几个方面。首先，基础沉降问题突出。由于软土地基的高压缩性，施工过程中土体在长期荷载下会产生显著沉降，可能导致建筑物的倾斜或裂缝。其次，施工难度大。软土地基的流动性和不稳定性使得施工设备和工艺难以保证施工质量，增加了施工风险和复杂性。再者，环境影响显著。软土地基的处理往往需要进行大规模的土方开挖和水土保持，可能对周边环境造成一定的影响，需谨慎评估和管理。

## 2 研究软基处理新技术的必要性

随着全球城市化进程的加速，公路工程建设在软土地基上的需求日益增长。例如，中国东南沿海地区以及许多沿海国家，由于地质条件复杂，软土地基广泛存在，给公路建设带来了巨大挑战。传统方法如重力排水法和振动压实法在应对高含水量和低承载力的软土时，往往效果有限，耗时耗能，且可能对周边环境造成不可忽视的影响。因此，新技术的应用不仅是为了提高施工效率，更是实现工程安全、环保和可持续发展的必然选择。另

一方面，随着对环境保护意识的提升，环境友好型技术如地质聚合物注入法受到广泛关注。这种技术利用碱性激活剂与工业废料（如粉煤灰）混合，生成具有高强度和稳定性的固化体，有效替代了传统的化学灌浆，减少了有害化学物质的排放。新技术在软土地基处理中的应用不仅能够解决传统方法的局限性，还能带来显著的经济、环境和社会效益。在公路工程中，持续创新和引入新技术是应对未来挑战，实现工程与环境和谐共生的关键所在。

## 3 公路工程施工中软土地基处理的新技术应用

### 3.1 新型复合地基技术

#### 3.1.1 桩网复合地基技术

桩网复合地基技术是一种结合了桩基础与土工格栅网片的复合地基处理方法。该技术通过在软土地基中设置一定数量的桩体，如预制桩、灌注桩或搅拌桩等，形成竖向增强体，以提高地基的承载力和稳定性。同时，在桩顶铺设一层或多层土工格栅网片，网片与桩体之间通过连接件固定，形成水平向的增强体系。这种复合结构能够充分发挥桩体的竖向支撑作用，同时利用土工格栅的拉伸和约束作用，有效限制地基的侧向变形，提高地基的整体稳定性。

桩网复合地基技术具有显著的优点。（1）它显著提高了地基的承载力，能够满足大型、重型建筑物的荷载需求。（2）该技术能够有效控制地基的沉降，特别是在软土地区，可以有效减少不均匀沉降带来的结构损害。（3）桩网复合地基技术还具有施工周期短、对环境影响小等优点，符合现代工程建设的绿色、环保理念。

#### 3.1.2 高压旋喷桩复合地基

高压旋喷桩复合地基技术是一种利用高压喷射水泥浆或化学浆液加固软土地基的方法。该技术通过高压泵将浆液注入到软土地基中，浆液在高压作用下渗透到土体颗粒的缝隙中，固化后形成具有一定强度和刚度的桩体，这些桩体与周围的土体共同构成复合地基。

高压旋喷桩复合地基技术的核心在于浆液的喷射和固化过程。浆液在高压作用下能够充分渗透到软土中，与土体颗粒发生化学反应和物理固化，形成致密的固化体。这些固化体不仅具有较高的强度和刚度，还能有效改善软土地基的承载力和变形特性。同时，高压旋喷桩复合地基技术还具有施工速度快、适应性强等优点，适用于各种复杂地质条件下的软土地基处理。

在实际工程中，高压旋喷桩复合地基技术的应用取得了显著效果。通过该技术处理后的软土地基，承载能力得到显著提高，沉降量得到有效控制。同时，该技术还能有效减少地基的侧向变形，提高地基的整体稳定性。此外，高压旋喷桩复合地基技术还具有较好的经济性，能够降低工程成本，提高工程效益。

### 3.1.3 水泥土搅拌桩智能化施工

水泥土搅拌桩智能化施工技术是一种先进的软土地基处理方法，它结合了水泥土搅拌桩的施工原理与智能化控制技术，实现了施工过程的自动化和智能化。该技术利用特制的搅拌设备，将水泥、石灰等固化剂与软土进行就地混合搅拌，形成具有较高强度和稳定性的水泥土搅拌桩。这些搅拌桩在软土地基中形成竖向增强体，有效提升地基的承载力和稳定性。

水泥土搅拌桩智能化施工技术的核心在于智能化控制系统的应用。该系统通过传感器、控制器等智能设备，实时监测施工过程中的各项参数，如搅拌深度、固化剂用量、搅拌速度等，并根据预设的施工方案进行自动调节。这种智能化控制不仅提高了施工精度和效率，还确保了施工质量的稳定性和一致性。

在实际应用中，水泥土搅拌桩智能化施工技术展现出了显著的优势。（1）该技术能够大幅度提高软土地基的处理效果，使地基的承载力和稳定性得到显著提升。

（2）智能化施工技术的应用减少了人工操作的依赖，降低了施工风险和成本。（3）该技术还具有良好的环保性能，减少了施工过程中的噪音、粉尘等污染物的排放，符合绿色施工的要求。

## 3.2 轻质材料与生态技术

### 3.2.1 气泡混合轻质土

气泡混合轻质土是一种创新的软土地基处理方法，

它通过在软土中加入特定的发泡剂，经过混合、搅拌后形成含有大量微小气泡的轻质土体。这种轻质土体具有密度低、强度高、压缩性小等特点，能够有效改善软土地基的物理力学性质。

气泡混合轻质土的应用原理在于其轻质性和高强度。由于土体中含有大量微小气泡，使得整体密度大大降低，从而减轻了地基的荷载。同时，气泡的存在还能有效阻隔土体的渗流通道，提高土体的抗渗性能。此外，经过特殊处理的气泡混合轻质土具有较高的强度，能够满足工程对地基承载力的要求。

在公路工程施工中，气泡混合轻质土的应用具有显著优势。（1）它能够显著减少地基的沉降量，提高地基的稳定性。由于轻质土体的密度低，对地基的压力小，因此能够有效减少地基的沉降。（2）气泡混合轻质土的施工过程简单快捷，能够缩短工期，降低施工成本。

（3）该技术还具有良好的环保性能，减少了施工过程中的废弃物排放，符合绿色施工的要求。

需要注意的是，气泡混合轻质土的应用需要根据具体工程情况进行设计和施工。在施工前，需要对软土地基的地质条件、荷载要求等进行详细分析，确定合适的气泡混合轻质土配方和施工参数。在施工过程中，需要严格控制施工质量，确保气泡混合轻质土的性能达到预期要求。同时，还需要对施工后的地基进行监测和评估，以确保工程的安全性和耐久性。

### 3.2.2 生态固化剂改良技术

生态固化剂改良技术是一种创新的软土地基处理方法，它利用生态固化剂对软土地基进行改良，以提高地基的承载力和稳定性。生态固化剂是一种由天然材料或工业废弃物经过特殊加工而成的环保型固化剂，它能够与软土中的水分和土体颗粒发生化学反应，形成致密的固化体，从而改善软土地基的物理力学性质。

生态固化剂改良技术的核心在于固化剂的选择和应用。固化剂的选择需要根据软土地基的地质条件、荷载要求以及环保要求等因素进行综合考虑。在实际应用中，常用的固化剂包括石灰、水泥、粉煤灰等无机材料，以及聚合物、树脂等有机材料。这些固化剂能够与软土中的水分和土体颗粒发生化学反应，形成具有较高强度和稳定性的固化体。

在公路工程施工中，生态固化剂改良技术的应用具有显著优势。（1）能够显著提高软土地基的承载力和稳定性，满足工程对地基的要求。（2）生态固化剂改良技术具有较好的环保性能，减少了施工过程中的废弃物排放，符合绿色施工的要求。（3）该技术还具有施

工速度快、成本低等优点，能够缩短工期，降低工程成本。

在实际应用中，生态固化剂改良技术需要注意施工质量和固化剂的选择。在施工前，需要对软土地基的地质条件、荷载要求等进行详细分析，确定合适的固化剂配方和施工参数。在施工过程中，需要严格控制施工质量，确保固化剂与软土充分反应，形成致密的固化体。同时，还需要对施工后的地基进行监测和评估，以确保工程的安全性和耐久性。

### 3.3 过渡段与特殊路段处理技术

#### 3.3.1 过渡段差异沉降控制

针对桥头跳车问题，采用“刚性桩+柔性加筋”组合结构，通过桩网复合地基与土工格栅的协同作用，实现刚性桥台与柔性路基的平稳过渡，有效控制差异沉降。该组合结构充分利用了刚性桩的高承载力和土工格栅的加筋效果，通过调整桩间距、桩长以及土工格栅的强度和层数等参数，可以精准控制过渡段的沉降量，使桥台与路基之间的沉降差异达到最小。在实际应用中，首先需要对桥头跳车问题的具体情况进行详细调查和分析，包括地质条件、荷载要求、沉降历史等。然后，根据分析结果，设计合适的“刚性桩+柔性加筋”组合结构方案，确定桩的类型、数量、布置方式以及土工格栅的规格和层数等。在施工过程中，需要严格控制施工质量，确保刚性桩的打入深度和垂直度，以及土工格栅的铺设和连接等符合设计要求。同时，还需要对施工过程进行实时监测，及时调整施工参数，确保组合结构的稳定性和可靠性。

#### 3.3.2 冻融循环加固技术

在寒冷地区，公路工程施工中的软土地基常常面临冻融循环的挑战。冻融循环会导致土体的水分结冰膨胀，进而产生裂缝和变形，严重影响地基的稳定性和承载能力。为了解决这一问题，冻融循环加固技术应运而生。该技术通过一系列措施，增强软土地基在冻融环境下的抗变形能力，确保工程的安全性和耐久性。

冻融循环加固技术的核心在于对软土地基进行预处理和加固处理。预处理阶段，主要采取排水措施，降低地基的含水量，减少水分结冰对土体的影响。加固处理阶段，则采用特殊的加固材料或方法，如注浆加固、纤维增强复合材料等，提高地基的强度和稳定性。这些加固材料能够有效填充土体颗粒间的缝隙，形成致密的加固层，从而增强地基的抗冻融能力。

### 3.4 智能监测与数字化管理

随着科技的飞速发展，智能监测与数字化管理在公路工程施工中的软土地基处理中扮演着越来越重要的角色。智能监测系统通过集成传感器网络、远程数据传输和数据分析技术，能够实时监测软土地基在施工过程中的变形、沉降和应力状态。这些数据为工程师提供了宝贵的现场信息，使他们能够及时调整施工方案，确保地基处理的效果和工程的安全性。

数字化管理平台则进一步提升了软土地基处理的管理效率。该平台通过集成项目管理、质量监控、进度跟踪等功能，实现了施工过程的全面数字化管理。工程师可以利用平台上的数据分析工具，对监测数据进行深入挖掘和分析，识别潜在的风险和问题，及时采取应对措施。此外，数字化管理平台还能够促进项目团队成员之间的信息共享和协同工作，提高整体工作效率。

智能监测与数字化管理的结合应用，不仅提高了软土地基处理的施工精度和效率，还增强了工程的安全性和可持续性。通过实时监测和数据分析，工程师能够及时发现和处理施工中的问题，避免潜在的安全隐患。同时，数字化管理平台的应用也有助于减少资源浪费和环境污染，实现绿色施工的目标。

### 4 结语

综上所述，软土地基处理在公路工程施工中至关重要，其特性给工程建设带来诸多挑战，传统处理方法已难以满足现代工程的需求。新型复合地基技术、轻质材料与生态技术、过渡段与特殊路段处理技术以及智能监测与数字化管理等新技术的应用，为软土地基处理提供了更为有效的解决方案。它们能够提高地基承载力和稳定性，控制沉降和变形，减少施工风险和成本，同时降低对环境的影响，符合可持续发展和绿色施工的理念。未来，随着科技的不断进步，相信会有更多创新的软土地基处理技术出现，进一步推动公路工程建设的发展，实现工程与环境的和谐共生。

### 参考文献

- [1] 赵鹏. 公路工程施工中软土地基处理技术 [J]. 运输经理世界, 2024 (2) : 22-24.
- [2] 燕永兵. 公路工程施工中软土地基处理技术措施 [J]. 智能城市, 2021 (9) : 150-151.
- [3] 周杨. 公路工程施工中软土地基处理技术 [J]. 河南科技, 2020 (1) : 124-126.