

# 软土地区高速公路路基稳定处理技术实践

王显文

四川久马高速公路有限责任公司 四川 阿坝州 624000

**【摘要】**：软土地区因软土自身高含水率高孔隙比低强度等特性，高速公路路基施工易出现沉降开裂滑移等问题，严重影响公路通行安全与使用寿命。本文结合软土地区工程地质特点，分析软土特性及路基常见病害，重点阐述换填法排水固结法水泥土搅拌桩法 CFG 桩复合地基法等常用处理技术的适用范围技术原理及施工要点，结合实际工程案例验证技术应用效果，为软土地区高速公路路基稳定处理提供技术参考。

**【关键词】**：软土地区；高速公路；路基稳定；处理技术；工程实践

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.031

## 1 引言

随着我国高速公路网络不断完善，建设范围逐步延伸至软土分布广泛的沿海沿江及三角洲地区。软土由淤泥淤泥质土泥炭泥炭质土等组成，具备天然含水率高孔隙比大压缩性强抗剪强度低渗透性差等特点，直接作为路基持力层时，难以承受高速公路的荷载作用。路基作为高速公路的核心承重结构，其稳定性直接决定公路的施工质量和运营安全。若路基处理不当，运营期间易出现不均匀沉降路面开裂桥头跳车等病害，不仅增加养护成本，还可能引发交通安全事故。因此，深入研究软土地区高速公路路基稳定处理技术，结合工程实际选择合理的处理方案，对保障高速公路建设质量具有重要的现实意义。

## 2 软土特性及路基常见病害

### 2.1 软土核心特性

软土的物质组成和结构决定其特殊工程性质，核心特性主要体现在四个方面。一是天然含水率高，通常在 30%以上部分可达 60%甚至更高，远超液限，土颗粒间结合水含量大，土体呈流塑或软塑状态。二是孔隙比大，一般大于 1.0，部分软土孔隙比超过 1.5，土体内部孔隙发达，压缩空间大。三是压缩性强，压缩系数通常在  $0.5-1.5\text{MPa}^{-1}$  之间，属于高压缩性土，在路基荷载作用下易产生较大沉降。四是抗剪强度低，黏聚力一般小于  $20\text{kPa}$ ，内摩擦角多在  $5^\circ-15^\circ$  之间，土体抗剪切能力差，易发生剪切破坏。此外，软土渗透性极差，渗透系数多在  $10^{-6}-10^{-8}\text{cm/s}$ ，土体排水固结速度缓慢，进一步加剧路基沉降问题。

### 2.2 路基常见病害及成因

受软土特性影响，软土地区高速公路路基常见病害主要包括沉降类病害开裂类病害和滑移类病害。沉降类病害表现为路基整体沉降或不均匀沉降，整体沉降是由于软土压缩性强，在路基自重和行车荷载长期

作用下逐步压缩变形；不均匀沉降则因软土分布不均或处理深度不足，导致路基不同部位沉降量差异较大，进而引发路面波浪起伏桥头跳车等问题。开裂类病害多由不均匀沉降导致，路基沉降过程中产生拉应力，当拉应力超过路基填料的抗拉强度时，路面及路基会出现纵向或横向裂缝，裂缝进一步发展会降低路基整体性和承载力。滑移类病害常见于路基边坡或软土夹层较厚的路段，软土抗剪强度低，在路基荷载雨水渗透或边坡自重作用下，易发生边坡滑移或路基整体失稳，严重时会导致路基坍塌。

## 3 软土地区路基稳定处理核心技术

### 3.1 换填法

换填法是通过挖除路基范围内的软土，换填强度高压缩性低稳定性好的填料如碎石砂砾灰土等，从而提高路基承载力的处理技术。该技术原理简单施工便捷，适用于软土厚度较薄且分布均匀的路段，通常软土厚度小于 3m 时采用效果最佳。

施工要点主要包括三个方面。一是基底清理，挖除路基范围内的软土杂草腐殖土等不合格土体，确保换填底面平整，避免残留软土影响换填效果。二是填料选择，优先选用级配良好的碎石或砂砾，填料含泥量需控制在 5%以内，确保填料自身强度和渗透性；若采用灰土换填，石灰与土的配比需按设计要求控制，拌合均匀。三是分层填筑与压实，换填需分层进行，每层填筑厚度控制在 20-30cm，采用压路机分层压实，压实度需达到设计标准，高速公路路基换填层压实度通常不低于 96%，压实过程中需实时检测，确保压实质量。

### 3.2 排水固结法

排水固结法主要分为堆载预压排水固结和真空预压排水固结两种方式。堆载预压是在路基施工前，在软土地基上堆放土石方等荷载，促使软土排水固结；

真空预压则是通过在软土表面铺设密封膜，利用真空泵抽真空形成负压，加速软土水分排出。施工要点包括排水系统设置和预压控制，排水系统由砂垫层排水板和排水盲沟组成，砂垫层厚度需不小于 50cm，排水板需按设计间距和深度布设，确保排水通道畅通；预压过程中需实时监测路基沉降量和水平位移，根据监测数据调整预压荷载和预压时间，确保软土固结充分，预压完成后需满足路基工后沉降要求。

### 3.3 水泥土搅拌桩法

水泥土搅拌桩法是通过特制搅拌机械将水泥浆与软土强制搅拌均匀，水泥与软土发生水化反应形成具有一定强度和整体性的水泥土桩体，桩体与桩间土共同构成复合地基，从而提高路基承载力和稳定性。该技术适用于软土厚度 3-15m 的路段，对淤泥淤泥质土粉质黏土等软土均有良好处理效果，且施工过程对周边环境的影响较小。首先按设计要求的桩间距和排列方式如等边三角形正方形布设桩位，确保桩体分布均匀。水泥选用强度等级不低于 32.5 级的普通硅酸盐水泥，水泥掺量需按设计要求控制，通常为软土干密度的 10%-15%，水泥浆水灰比控制在 0.5-0.6，拌合均匀后需及时使用。搅拌机械下沉过程中需匀速钻进，确保软土充分松动，提升过程中需边提升边喷浆，喷浆压力控制在 0.3-0.5MPa，搅拌次数不少于 2 次，确保水泥浆与软土搅拌均匀。施工完成后需对桩体强度桩身完整性和复合地基承载力进行检测，桩体 28d 无侧限抗压强度需不低于设计值，复合地基承载力需满足路基荷载要求。

### 3.4 CFG 桩复合地基法

CFG 桩即水泥粉煤灰碎石桩，是由水泥粉煤灰碎石和水拌合形成的高粘结强度桩，CFG 桩与桩间土褥垫层共同构成复合地基，可显著提高软土地基的承载力，减少路基沉降。该技术适用于软土厚度较大承载力要求高的路段，尤其适用于高速公路桥头路基互通立交等关键路段，处理效果稳定可靠。施工要点包括桩体施工和褥垫层设置。桩体施工采用长螺旋钻孔压灌成桩工艺，钻孔过程中需控制钻进速度，避免孔壁

坍塌，混凝土浇筑需连续进行，确保桩身完整性；桩体混凝土强度等级不低于 C15，坍落度控制在 160-200mm。褥垫层选用级配良好的碎石或砂砾，厚度控制在 15-30cm，铺设时需分层压实，压实度不低于 96%，褥垫层可有效调整桩与桩间土的应力分布，提高复合地基整体承载性能。施工完成后需检测桩体强度复合地基承载力和桩身完整性，确保满足设计要求。各类处理技术的核心参数及适用范围对比见表 1。

表 1 核心参数及适用范围对比

处理技术	适用软土厚度	核心优势	施工难度	经济性
换填法	<3m	原理简单施工快效果直观	低	优（薄软土）
排水固结法	3-20m	处理深度大沉降控制好	中	中
水泥土搅拌桩法	3-15m	对环境的影响小适应性强	中	中
CFG 桩复合地基法	5-25m	承载力提升显著稳定性好	中高	一般（关键路段适用）

## 4 结论

软土地区高速公路路基稳定处理需结合软土特性路段功能和设计要求，合理选择处理技术。换填法适用于软土较薄路段，施工便捷；排水固结法适用于软土深厚渗透性差路段，沉降控制效果好；水泥土搅拌桩法适应性强，对环境的影响小；CFG 桩复合地基法承载力提升显著，适用于关键路段。实际工程中可采用组合处理方案，进一步提升路基稳定性能。施工过程中需严格把控技术要点，加强质量检测，确保处理效果满足设计要求。结合工程案例可知，合理的处理方案不仅能保障路基稳定，还能有效控制工后沉降，延长高速公路使用寿命。未来需进一步研究新型环保高效的路基处理技术，结合智能化施工手段，提高软土地区路基处理的质量和效率。

### 参考文献：

- [1] 赵志会. 水泥土搅拌桩技术在软土地区路基处理中的应用[J]. 四川水泥, 2025, (05): 252-254.
- [2] 孙志远. 软土地区路基处理技术研究[J]. 交通世界, 2022, (16): 122-124.
- [3] 伍雄. 软土地区路基加固施工技术分析[J]. 现代物业(中旬刊), 2019, (05): 204.