

市政道路工程软土路基施工技术研究

文 / 赵德福 济南城建集团建筑工程有限公司

崔圣涛 济南城建集团有限公司

管瑞礼 济南城建集团有限公司

摘要：市政道路工程施工过程中，软土路基由于其高含水量、高压缩性、低抗剪强度等特点，往往难以满足市政道路建设的要求。本文深入探讨了市政道路工程软土路基施工技术的现状、特点及应用，旨在提出有效的软土路基处理技术，以提高市政道路工程的整体质量和稳定性。通过对软土路基施工技术的系统研究，本文为市政道路工程建设提供了理论支持和技术参考。

关键词：市政道路工程；软土路基；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.060

引言

随着我国城市化进程的加速，市政道路工程建设规模不断扩大，对工程质量的要求也越来越高。软土路基作为市政道路工程中的难点和重点，其处理技术直接关系到道路的稳定性和使用寿命。因此，深入研究市政道路工程软土路基施工技术，对于提高工程质量、保障交通安全、促进城市化进程具有重要意义。

一、软土路基的基本特征

（一）高含水量

软土路基中的高含水量直接影响到路基的稳定性和承载能力，在这样的土壤中，水分含量通常超过35%，有时甚至高达70%以上，这使得土壤颗粒之间的结合力变得极弱。由于这种高含水量的存在，软土地基往往呈现出较低的密度和较高的孔隙比。当进行工程作业时，这类土壤难以直接压实至理想的密实度，增加了施工难度和成本。此外，高含水量还导致软土具有较强的压缩性，即在受到外力作用下会发生较大的沉降。这一特性要求工程师在设计和施工过程中采取特殊措施来处理地基，以确保建筑物或道路结构的长期稳定性。例如，可以通过排水固结法、换填土层等方法减少土壤含水量，增强地基承载能力。同时，了解并掌握高含水量对软土物理力学性质的影响对于合理选择施工技术至关重要。

（二）高压缩性

软土路基的高压缩性主要由土壤内部结构及组成成分决定，软土多为细粒土，包括黏土和淤泥，这些土壤颗粒间存在大量微小孔隙，能够容纳较多水分。一旦外部施加压力，水分被逐渐挤出，导致土壤体积减小。在实际工程应用中，高压缩性给路基带来了极大的挑战，因为它不仅影响了基础的初始沉降量，还可能引起后期不均匀沉降，从而损害上部结构的完整性。因此，在规划与建设阶段，必须充分考虑软土的这一特点，并采取相应的预防措施。比如，通过预压加载的方式加速土壤固结过程；或者采用化学加固手段，如注入水泥浆或石灰，提高土壤强度和降低压缩系数。

（三）低抗剪强度

软土路基所表现出的低抗剪强度，源于其特殊的矿物组成和微观结构特征。这种土壤类型中常见的粘土矿物具有片状晶体结构，容易吸水膨胀并在干燥后收缩，造成颗粒间的连接松散。再加上土壤中含有丰富的自由水，进一步削弱了颗粒间的摩擦力和凝聚力。结果是，软土在承受侧向应力时极易发生剪切破坏。这对于道路建设和维护提出了严格的要求，因为在交通荷载的作用下，若没有足够的抗剪强度支持，路基很容易出现滑移、坍塌等问题。解决这一问题的有效途径之一是对软土进行改良，增加其抗剪强度。具体做法包括机械搅拌桩加固、添加化学稳定剂以及利用纤维材料增强等方式。

（四）塑性变化大

软土路基的塑性变化大意味着它能够在不同条件下展现出广泛的变化范围，软土的这种特性与其内部含有大量的有机物质和黏土矿物有关，这些成分赋予了软土良好的可塑性。在湿度较高时，软土能够轻易变形而不会破裂，显示出高度的柔韧性；而在干燥环境下，则可能出现龟裂现象。这种广泛的塑性变化对工程建设提出了额外的技术要求。一方面，需要精确控制施工现场的湿度状况，避免因环境因素引起的过度干缩或湿胀。另一方面，为了应对软土的塑性变化带来的不确定性，设计阶段应采用更为保守的设计参数，并在必要时引入先进的监测技术，实时跟踪地基状态的变化。此外，还可以通过改良土壤的方法，如加入适量的砂石或其他填充材料，调整软土的塑性指数，使之更适合作为基础材料。

二、市政道路工程软土路基施工技术

（一）垫层法

垫层法通常适用于软土地基表层较薄的情况，具体操作时，首先需要对施工现场进行详细的地质勘察，确定软土层的厚度和性质。接下来，在软土表面铺设一定厚度的砂石或其他高承载力材料，形成垫层。这个垫层不仅能够分散上部结构传递下来的荷载，还能有效减少软土地基的沉降量。为了确保垫层效果，施工过程中需

严格控制材料质量和铺设工艺。例如，选用粒径适中的砂石材料，并保证均匀铺设，避免出现局部薄弱点。此外，还需注意排水设计，确保垫层下方的水分能够及时排出，防止因积水导致的地基软化。垫层法的优势在于施工简便、成本较低且见效快，特别适合于工期紧张的小型项目。然而，该方法对于深厚软土层的效果有限，因此在实际应用中往往与其他加固技术结合使用，以达到最佳的地基处理效果。

（二）深层搅拌法

深层搅拌法广泛应用于市政道路工程建设中，此方法主要利用专用设备将水泥或石灰等固化剂注入软土层深处，通过机械搅拌使固化剂与软土充分混合，从而形成具有一定强度和稳定性的复合地基。深层搅拌法适用于各种类型的软土，特别是那些含水量高、压缩性大且分布较深的土壤。施工过程中，首先需要根据现场实际情况制定详细的施工方案，包括固化剂种类、掺量及搅拌深度等参数的选择。然后，使用深层搅拌机按照预定路径和深度进行钻进和提升作业，同时喷射固化剂并进行搅拌。为了确保搅拌均匀，通常会多次重复钻进和提升过程。深层搅拌法不仅能显著提高软土地基的承载能力，还能有效减少沉降量，增强地基的整体稳定性。此外，由于该方法施工过程中噪音小、振动少，对周围环境影响较小，特别适合于城市中心区域使用。然而，深层搅拌法也存在一些局限性，如施工效率相对较低、对复杂地质条件适应性差等。因此，在实际应用中，需结合具体工程要求和技术经济因素，合理选择施工方案，以实现最佳的地基处理效果。

（三）强夯法

强夯法是一种通过重锤自由落体冲击地面来改良软土地基的施工技术，因其简单高效而被广泛应用于市政道路工程中。该方法的基本原理是利用强大的冲击力使软土层产生瞬时变形和压密，进而提高地基的承载能力和减少沉降。施工前，需要详细调查场地地质条件，确定合适的夯击能量和夯击次数。一般而言，夯击能越大，对软土层的影响越深，但过高的能量可能导致过度扰动，反而降低处理效果。因此，精确控制夯击参数至关重要。强夯法的具体操作步骤包括：定位夯击点，安装起重设备，悬挂重锤，然后让重锤从一定高度自由落下冲击地面。每次夯击后，需检查夯坑深度和平整度，必要时进行回填并继续夯击直至满足设计要求。强夯法的优点在于适用范围广，不仅适用于浅层软土，也能处理深层软土地基；并且具有施工速度快、成本低等优点。然而，该方法在施工过程中会产生较大的噪音和振动，可能对周边建筑物造成影响，因此在人口密集区使用时需采取相应的防护措施。

（四）换填法

换填法的基本思路是挖除原有软弱土层，替换为具

有良好工程特性的材料，如碎石、砂砾或混凝土等，以此增强地基承载力并减少沉降。换填法适用于软土层较浅且易于挖掘的情况。施工开始前，必须进行详细的地质勘探，明确软土层的分布和厚度，以便准确确定换填深度和范围。施工过程中，先清除软土层至设计标高，然后分层回填选定的换填材料，每层回填完毕后需进行充分压实，确保达到规定的密实度标准。为了提高换填效果，有时还会在换填层底部设置排水系统，促进地下水排出，防止新填充材料受到水侵蚀而失效。换填法的优势在于技术成熟、操作简单、质量可靠，能够迅速提升地基性能，特别适合工期紧迫的项目。不过，该方法也存在一定局限性，如对于深层软土处理成本较高，且大量开挖和回填作业可能会对周边环境造成较大干扰。在实际应用中，应根据具体工程需求和场地条件，科学合理地选择和实施换填法，确保达到预期的地基处理效果。

（五）排水固结法

排水固结法是一种针对软土地基的有效处理技术，尤其适用于含水量高、压缩性大的土壤类型。该方法的核心在于加速软土中孔隙水的排出，促使土壤发生固结，从而提高地基的承载能力和减少沉降。施工前期，需要进行详尽的地质勘察，了解软土层的厚度、含水量及渗透性等特性，据此制定合理的施工方案。排水固结法主要包括竖向排水体（如砂井、塑料排水板）和预压加载两个关键环节。首先，在软土层中布置竖向排水体，这些排水体提供了快速的排水通道，使得孔隙水能够沿着垂直方向向上排出。随后，施加预压荷载，通过增加土体内部应力，促使水分更快地排出并引起土壤固结。为了监控固结过程，通常会在施工现场布置一系列观测点，定期测量土壤沉降量和孔隙水压力变化情况。排水固结法的优势在于能够有效改善软土地基的长期稳定性，适用于大规模基础设施建设。

三、市政道路工程软土路基施工技术的优化措施

（一）加强施工前的勘察与设计

在市政道路工程软土路基施工中，应加强施工前的勘察与设计，详尽而准确的地质勘察能够为后续的设计和施工提供坚实的数据支持。具体来说，需要通过钻探、取样和实验室测试等手段，全面了解软土地基的物理力学性质，如含水量、压缩性、抗剪强度等参数。此外，还应结合历史数据和现场实际情况，分析软土层的分布特征及变化规律，这有助于预测可能遇到的技术难题并提前制定应对措施。在设计阶段，根据勘察结果优化设计方案显得尤为重要。例如，针对不同类型的软土，选择合适的地基处理方法，如深层搅拌法、排水固结法或换填法等，并合理确定各参数值，以达到最佳处理效果。同时，利用现代信息技术，如地理信息系统（GIS）和建筑信息模型（BIM），可以实现对施工现场的三维建模和

动态模拟，从而更直观地展示施工过程中的潜在问题和解决方案。此外，还需充分考虑施工环境因素，如周边建筑物、地下管线及交通流量等，避免施工过程中对周围环境造成不利影响。

(二) 提高施工技术和设备水平

近年来，随着科技的发展，许多新技术逐渐应用于软土路基施工中。例如，采用新型化学加固剂，通过注入土壤内部形成稳定的胶结结构，增强软土的承载能力

和抗剪强度；或者利用高压旋喷注浆技术，在软土层中形成连续的加固体，有效阻止沉降发生。此外，智能监控系统的应用也为施工提供了有力保障。通过在施工现场安装传感器网络，实时监测土体变形、应力变化及孔隙水压力等关键指标，及时发现并解决潜在问题。与此同时，施工设备的现代化也是提高施工效率的重要途径。高性能的挖掘机、推土机和压路机不仅提高了工作效率，还能保证施工质量。软土地基施工机械配备如表1所示。

表1 软土地基施工机械配备

施工机械类型	数量 / 台	作用
挖掘机	2	采集材料与清淤开挖
装载机	1	装车
自卸汽车	5	运输材料
推土机	1	整平路槽基地与初压
压路机	1	压实填缝材料
平地机	1	刮平填充材料

(三) 加强施工过程中的质量控制

市政道路工程软土路基施工过程中，从材料的选择到施工工艺的执行，每一个环节都需严格执行规范标准。首先，材料的质量直接影响到最终的地基处理效果，因此，所有进场材料必须经过严格的检验和验收程序。无论是用于垫层的砂石，还是深层搅拌法中的固化剂，都需要按照相关标准进行抽样检测，确保其符合设计要求。其次，施工工艺的标准化和规范化至关重要。例如，在实施深层搅拌法时，需严格按照预定的路径和深度进行钻进和提升作业，同时保证搅拌均匀，避免出现局部薄弱点。同样，在强夯法施工中，要精确控制夯击能量和次数，防止因过度扰动导致地基破坏。此外，建立完善的质量管理体系，定期开展质量检查和评估活动，及时发现并纠正施工过程中的质量问题。通过设立专职质检员，负责监督各项工序的执行情况，并记录详细的施工日志，以便日后追溯和复查。同时，利用现代信息技术，如无人机航拍和遥感技术，可以实现对施工现场的全方位监控，及时获取施工进度和质量信息。

(四) 注重环境保护和可持续发展

在市政道路工程软土路基施工中，应注重环境保护和可持续发展。施工过程中产生的噪音、粉尘和废水等污染物会对周边环境造成不良影响，因此，采取有效的环保措施显得尤为必要。例如，在施工现场设置隔音屏障，减少机械设备运行时产生的噪音污染；采用湿式作业方式，抑制扬尘扩散，保护空气质量。同时，对于施工过程中产生的废水，应建立完善的污水处理系统，确保达标排放，避免对地下水体造成污染。

此外，尽量减少对自然植被和生态系统的破坏，施工结束后及时进行植被恢复和绿化工作，促进生态环境的修复。在可持续发展理念指导下，还可以探索使用可再生资源和技术，如利用工业废渣作为地基改良材料，既减少了废弃物排放，又降低了施工成本。另外，推广绿色施工理念，鼓励施工单位采用节能减排技术，如太阳能照明系统、电动施工机械等，减少能源消耗和碳排放。

结语

市政道路工程软土路基施工技术的研究和应用对于提高工程质量、保障交通安全、促进城市化进程具有重要意义。通过深入研究和不断探索，不断提出和优化软土路基处理技术，如垫层法、深层搅拌法、强夯法、换填法和排水固结法等。这些技术在实际工程中得到了广泛应用并取得了显著成效。未来，应继续加强市政道路工程软土路基施工技术的研究和创新，不断提高施工技术和设备水平，加强质量控制和环境保护，为城市化进程提供更加坚实的道路基础。

参考文献

[1] 赵德兴. 软土路基施工技术在市政道路工程的运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (14): 97-99.

[2] 刘翠珍. 市政道路工程路基施工质量控制若干技术问题[J]. 建材发展导向, 2023, 21(24): 45-47.

[3] 马穗勇. 市政道路软土路基施工技术要点研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (27): 175-177.

[4] 苏仕昌. 市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (22): 135-137.