

# 探讨城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术

苏御帅 冯彬茹 任 炯 杨洪飞

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 陕西西安 710000

**摘要:** 本文探讨了城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术。详细阐述了换填法、排水固结法、深层搅拌法等软地基处理方法及其原理、优缺点和适用条件。同时,介绍了市政工程技术在软地基处理中的应用要点,包括施工前的准备工作、施工过程中的技术控制以及施工后的质量检测与验收。此外,还对市政工程技术在软地基处理中的创新与发展进行了展望,涉及新技术的应用探索以及信息化技术的融合。

**关键词:** 城市道路; 路基软地基; 市政工程; 地基处理

在城市建设快速发展的背景下,城市道路作为重要的基础设施,其路基的稳定性至关重要。然而,许多城市道路存在路基软地基问题,易导致道路沉降、开裂等病害,影响道路的使用寿命和行车安全。因此,如何有效地处理城市道路路基软地基成为市政工程建设中的关键问题。本文将深入探讨城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术,包括传统处理方法、应用要点以及创新发展,为提高城市道路建设质量提供参考。

## 一、城市道路路基软地基处理方法

### 1. 换填法

原理:换填法是将路基范围内的软土层挖除,然后换填强度较高、压缩性较低且具有良好透水性的材料,如砂、砾石、灰土等。通过更换地基材料,改变地基的力学性质,从而提高路基的承载能力和稳定性。优点:施工工艺相对简单,技术要求较低,易于操作和控制。可以有效地提高路基的承载能力,减少地基的沉降量。对于浅层软土地基的处理效果较为显著,能够快速改善地基的物理力学性能。适用条件:适用于浅层(一般不超过3米)软土地基的处理,尤其是在缺乏其他复杂处理设备和技术的条件下,或者当软土层下有较好的持力层时,采用换填法较为经济合理。常用于城市主干道、支路等对路基要求相对较低的道路建设中<sup>[1]</sup>。

### 2. 排水固结法

原理:排水固结法是在软土地基中设置竖向排水通道(如塑料排水板、砂井等),然后在地面加载预压(可采用堆载预压或真空预压等方式)。通过排水通道,软土中的水分得以排出,使土体发生固结变形,从而提高地基的强度和稳定性。优点:能够有效地加速软土地基

的固结过程,缩短工期。在固结过程中,地基土强度逐渐增长,有利于控制地基的沉降量和不均匀沉降。对周围环境的影响相对较小,不需要大量的外运材料。适用条件:适用于处理厚度较大、透水性较差的软土地基。对于有机质含量较高的软土,排水固结法的效果可能会受到一定限制。常用于城市主干道、高速公路等对路基沉降要求较高的道路工程中。

### 3. 深层搅拌法

原理:深层搅拌法是通过特制的搅拌机械,将水泥、石灰等固化剂与软土强制搅拌混合,使固化剂与软土发生一系列物理化学反应,形成具有一定强度和水稳定性的搅拌桩体,从而提高地基的整体承载能力和稳定性。优点:能够充分利用软土地基的原有材料,无需大量开挖和外运土方,减少了对环境的破坏。搅拌桩体的强度可以根据设计要求进行调整,适应性较强。施工过程中无振动、无噪声,对周围环境和建筑物的影响较小。适用条件:适用于处理正常固结的淤泥、淤泥质土、粉土、粘性土以及素填土等地基。对于有机质含量较高、pH值较低的软土,需要在设计中采取相应的措施进行处理。常用于城市道路的软土地基加固处理,尤其是在对环境保护要求较高的区域。

## 二、市政工程技术在软地基处理中的应用要点

### 1. 施工前的准备工作

第一,地质勘察与分析:在进行城市道路路基软地基处理之前,必须进行详细的地质勘察工作。通过钻探、原位测试等手段,准确掌握软土地基的分布范围、深度、物理力学性质以及地下水位等情况。根据地质勘察报告,分析软土地基的类型和特点,为选择合适的处理方法提供

依据。例如，如果软土地基的厚度较厚且透水性极差，可能需要优先考虑采用排水固结法；如果是浅层软土地基且周边有丰富的砂砾资源，换填法可能是较为合适的选择。

第二，方案设计与比选：依据地质勘察结果和工程建设的要求，设计多种可行的软地基处理方案。对每个方案进行技术可行性、经济合理性、环境影响等方面的综合比选。在方案比选过程中，要充分考虑城市道路的功能定位、交通流量、周边建筑物等因素。例如，对于城市主干道，由于其交通流量大、对路基沉降要求高，应优先选择处理效果好但成本相对较高的处理方法；而对于城市支路，则可以在满足基本功能的前提下，选择较为经济的处理方法。同时，还要对设计方案进行优化，确保方案的实施效果和安全性。

第三，材料准备与检验：根据选定的软地基处理方法，提前准备好所需的各种材料，如换填材料、固化剂、排水材料等。对进场的材料进行严格的质量检验，确保其符合设计要求和相关标准。例如，对于换填用的砂砾石材料，要检查其粒径分布、含泥量、强度等指标；对于深层搅拌法使用的水泥等固化剂，要检验其强度等级、安定性等性能。只有保证材料的质量合格，才能为软地基处理提供可靠的物质基础。

## 2. 施工过程中的技术控制

第一，换填法施工控制要点。开挖与清底：按照设计要求的换填深度和范围进行开挖，开挖过程中要注意控制边坡的坡度和稳定性，防止边坡坍塌。开挖至设计标高后，要对基底进行平整和清理，清除基底的杂物、淤泥和积水等。分层铺设与压实：将换填材料分层铺设，每层铺设厚度应根据材料的性质和施工工艺确定。在铺设过程中，要确保材料的均匀性和平整度。然后采用合适的压实机械进行压实，压实遍数和压实度应符合设计要求。每层压实完成后，要进行压实度检测，合格后方可进行下一层的铺设。排水措施：在换填过程中，要做好排水工作，防止雨水浸泡换填材料。可在换填区域周围设置排水沟或截水沟，将地表水引至排水系统。

第二，排水固结法施工控制要点。排水系统安装：按照设计要求准确安装竖向排水通道，如塑料排水板的间距、深度和打设角度等都要严格控制。在安装过程中，要避免对排水板造成损坏或堵塞。同时，要保证水平排水系统的畅通，其排水坡度和管径应满足排水流量的要求。预压加载控制：无论是堆载预压还是真空预压，都要严格控制预压荷载的大小和加载速率。预压荷载应根

据设计要求和地基的承载能力逐步施加，避免一次性加载过大导致地基失稳。在预压过程中，要定期观测地基的沉降量、孔隙水压力等参数，根据实际情况调整预压时间和荷载大小。固结度监测：通过现场试验和原位测试等手段，定期监测软土地基的固结度变化情况。根据固结度的发展情况，判断地基处理的效果是否达到预期目标，以便及时调整施工工艺和参数<sup>[2]</sup>。

第三，深层搅拌法施工控制要点。搅拌工艺参数控制：严格按照设计要求控制搅拌机械的钻进速度、提升速度、搅拌次数等参数。钻进速度过快可能导致搅拌不均匀，影响搅拌桩体的质量；提升速度过慢则会降低施工效率。搅拌次数要根据软土的性质和固化剂的种类确定，以确保固化剂与软土充分搅拌均匀。固化剂用量与计量：准确计算固化剂的用量，并根据施工进度合理安排固化剂的供应。在搅拌过程中，要严格控制固化剂的计量误差，确保固化剂的用量符合设计要求。同时，要注意固化剂的储存和保管，防止其受潮或变质。桩体质量检测：在施工过程中，要定期对搅拌桩体进行质量检测。检测内容包括桩体的直径、长度、强度、完整性等指标。可采用轻便触探、钻芯取样等方法进行检测，对于不符合要求的桩体要及时进行补强处理。

## 3. 施工后的质量检测与验收

第一，沉降观测与评估：在软地基处理完成后的城市道路建设过程中，要持续进行沉降观测。通过在路基上设置沉降观测点，定期测量路基的沉降量和沉降速率，绘制沉降-时间曲线。根据沉降观测数据，评估软地基处理的效果是否达到设计要求。如果沉降量超过允许值或沉降速率不收敛，要及时分析原因并采取相应的补救措施。

第二，承载力检测：采用载荷试验等方法对处理后的软土地基承载力进行检测。根据检测结果判断地基承载力是否满足设计要求，如不满足则需进一步查明原因并进行加固处理。

第三，整体质量验收：按照相关的工程质量验收标准和规范，对城市道路路基软地基处理工程进行整体质量验收。验收内容包括施工质量、材料质量、检测报告等方面。只有各项指标都符合要求后，方可通过验收，交付使用。

## 三、市政工程技术在软地基处理中的创新与发展

### 1. 新技术的应用探索

#### (1) 微生物诱导碳酸钙沉淀技术 (MICP)

原理：利用某些微生物（如巴氏芽孢杆菌）在适宜

环境下代谢产生的脲酶，催化尿素分解产生二氧化碳和氨，二氧化碳与钙离子结合生成碳酸钙沉淀。将含有特定微生物和营养物质的溶液注入软土地基中，通过微生物的生命活动诱导碳酸钙在土体孔隙中沉淀，从而增强地基的强度和稳定性。优点：该技术具有环境友好、施工过程相对温和等优点。微生物诱导产生的碳酸钙沉淀可以填充土体孔隙，提高土体的密实度和承载能力。而且微生物的生长繁殖可以在常温常压下进行，不需要特殊的高温高压条件。应用前景：随着生物技术的不断发展和完善，MICP技术有望在未来的城市道路路基软地基处理中得到广泛应用。尤其是在对环境要求较高、传统处理方法受限的区域，MICP技术具有很大的发展潜力。

## (2) 电渗排水固结法

原理：在排水固结法的基础上，引入电场作用。在软土地基两侧插入电极，通以直流电，使土体中的孔隙水在电场力的作用下加速排出。同时，电场还可以改变土体颗粒的排列结构，促进土体的固结。优点：相比传统的排水固结法，电渗排水固结法可以大大缩短固结时间，提高施工效率。而且该方法不受地下水位的限制，对于地下水位较高的软土地基处理效果更为显著。应用前景：在一些对工期要求紧迫的城市道路建设项目中，电渗排水固结法具有独特的优势。随着电极材料的改进和施工技术的优化，其应用成本有望逐渐降低，应用范围也将不断扩大。

## 2. 信息化技术在软地基处理中的融合

### (1) BIM技术的应用

三维可视化建模：利用BIM技术建立城市道路路基软地基处理的三维模型，直观展示软土地基的分布情况、处理方法以及施工过程。通过三维模型，施工人员可以更好地理解设计意图，提前发现潜在的设计冲突和施工难点。同时，业主和监理人员也可以利用模型进行进度管理、质量控制和成本核算等工作。信息集成与协同管理：BIM模型可以将地质勘察报告、设计方案、施工图纸、材料信息等各种数据进行集成整合。在施工过程中，各部门可以通过BIM平台实现信息的共享和协同工作。例如，施工单位可以根据BIM模型中的信息进行材料采购和施工进度安排；监理单位可以利用模型中的质量标准对施工质量进行实时监控；业主可以基于模型了解工

程进展情况并进行决策支持<sup>[3]</sup>。

### (2) 智能监测系统的应用

传感器布置与数据采集：在城市道路路基软地基处理过程中，布置各种类型的传感器，如位移传感器、孔隙水压力传感器、土压力传感器等。这些传感器可以实时采集软土地基在处理过程中的各种数据，如沉降量、孔隙水压力变化、土体应力应变等。数据分析与预警：通过对采集到的数据进行分析处理，建立相应的数学模型和预警指标体系。当监测数据超过预警值时，系统会自动发出警报信息，提醒施工人员采取相应的措施进行处理。例如，当沉降速率突然增大时，可能是地基失稳的前兆，此时应及时停止施工并采取加固措施。远程监控与管理：借助互联网技术和移动通讯技术，实现对软地基处理工程的远程监控和管理。管理人员可以通过手机或电脑终端随时随地查看工程的监测数据和施工进度情况，及时做出决策和调度指令。

## 结语

城市道路路基软地基处理是市政工程建设中的重要环节，关系到道路的使用性能和安全性。通过本文的探讨，我们了解了多种软地基处理方法及其适用条件，明确了市政工程技术在软地基处理中的应用要点，包括施工前的准备、施工中的技术控制和施工后的质量检测与验收。同时，我们也看到了新技术的应用探索和信息化技术的融合为软地基处理带来的新机遇。在未来的市政工程建设中，应不断探索创新，合理应用市政工程技术，加强质量控制和监测，确保城市道路路基的稳定性，为城市的可持续发展提供有力保障。

## 参考文献

- [1] 袁铭泽, 崔琳. 城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术分析[J]. 广东建材, 2025, 41(01): 141-144.
- [2] 覃琴. 城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术探析[J]. 中华建设, 2020, (10): 110-111.
- [3] 邵孙华, 朱浩. 城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术分析[J]. 城市道桥与防洪, 2012, (06): 238-239+19.