

市政软土路基施工技术研究

贺开燕

四川省兴旺建设工程项目管理有限公司

摘要：随着城市化进程的不断加快，市政道路建设对路基施工技术要求越来越高。在许多地区，软土路基的存在给道路施工带来了巨大的挑战。由于软土具有低承载能力、较大的压缩性和不稳定性，传统的道路施工方法很难满足日益严格的质量和使用寿命要求。针对这一问题，市政软土路基施工技术的研究成了迫切需要解决的课题。本文将对市政软土路基施工技术的研究现状进行梳理，为相关领域的专业人士提供理论参考和实践借鉴。

关键词：市政工程；软土路基；土工合成材料；地基处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.058

一、市政软土路基施工技术的应用价值

（一）提高软土路基的承载力

利用土工合成材料、地基处理技术等创新方法，可以显著提高软土路基的承载力与稳定性。这些技术为软土地区市政道路的修建提供了新途径，使得原本无法进行路基施工的地区能够充分利用土地资源。例如，某些地基处理技术能够在短时间内改善软土的性质，增强其抗变形与承重性能。经过地基处理后，软土路基可以更好地承受交通荷载，大大降低交通运行对道路基层的破坏。同时，对软土路基施工技术的研究、创新和应用有助于避免因道路基层的不稳定性引起的道路裂缝、沉降等问题，维护市政道路基础设施的安全性和稳定性。

（二）降低软土路基施工成本

市政软土路基施工技术的另一个应用价值在于可以节约软土路基施工成本和维护费用。创新性的施工技术不仅优化了施工过程中的材料使用，降低了原材料成本，还有助于减少施工周期，降低劳动力成本。如同预先压实、土力锚固等技术，可显著减少软土地基施工中常见的沉降与变形，从而降低了不同阶段的维修成本和施工风险。通过对市政软土路基施工技术的研究与应用，建设方在长期的维护管理过程中可以实现更高的经济效益，提高道路使用寿命和投资回报率。

（三）强化可持续发展

为了实现绿色建筑、减少碳排放和降低能耗，研究人员正致力于开发新型环保施工技术。例如，通过使用再生材料进行路基施工，不仅减少了对环境的破坏，还有效回收了废旧材料。此外，一些新型地基处理技术可以显著减少地基承载力与含水量监测过程中的能耗，从而提高能效。在市政软土路基施工实践中，通过推广和应用这些绿色环保技术，可以促进资源的循环利用，降低温室气体排放，减少对生态环境的负担。

二、软土路基的特性及挑战

（一）低承载力

软土主要由高水分含量的黏土和淤泥等组成，如图一所示，这使其在承受外部荷载时容易遭受损坏。地基承载力是评估道路基层稳定性的关键指标，承载力不足将导致不同程度的道路变形、裂缝，甚至道路塌陷。如此种种将使道路整体性能降低，有效使用寿命缩短。在市政道路建设中，提高软土路基的承载力以确保交通安全以及道路的持久性是一大重要挑战。为此，在软土路基施工中，通常采用地基处理、加筋、预压等技术来增强软土路基的抗破坏性能和承载能力。地基处理能够提升软土路基的承载能力，使其更好地应对外部荷载的压力，并能够抵抗各种形式的破坏。加筋措施旨在通过加入合适的材料，如钢筋、土工合成材料等，强化软土的抗剪性。而预压技术则应用于压实土层，改善土壤的力学性质，从而提高地基承载力。应用这些技术可能需要根据不同工程的具体情况进行调整。通过对地基条件进行详细了解、进行适当的土壤试验，可以为选择合适的技术提供指导，有时可能需要融合多种技术来解决软土路基工程中的复杂问题。



图一 软土路基

（二）较大压缩性

软土路基的一个显著特性就是压缩性较大，这主要是由于软土内部具有许多孔隙和水分以及松散的微观结构。当路基承受交通荷载时，内部水分会受到挤压而排出，导致体积收缩，从而产生压缩现象。这种过程具有时间相关性，软土路基沉降压缩会随着时间的流逝而逐步加重。这种显著的压缩性容易导致道路基层出现不均匀沉降，进而产生如车道不平整、裂缝开裂等一系列道路质量问题。要克服这一挑战，关键在于采用合适的技术手段改善软土性质，以降低其压缩性。例如，减少软土中的含水量是一种有效方法，这通常可以通过排水或预压等技术实现。此外，采用压实措施可以进一步提高软土路基的密实度，从而降低压缩性。同时，使用土

工合成材料、地基处理技术等方法也能够改善软土的性质，进一步降低其压缩性。通过对软土性质的改进，软土路基的压缩性能得到提高，从而延长道路使用寿命、确保交通安全和道路持久性。采用这些技术手段，有助于减少道路施工过程中的风险，降低软土路基沉降压缩带来的不利影响，保障道路基层的稳定和质量。

（三）不稳定性

不稳定性主要源于软土中的松散颗粒结构和较高的含水量，这些特点使得软土容易产生大幅度的性质波动，并受到环境因素的不利影响。这些环境因素包括水文地质条件、植被覆盖和气候变化等。在市政道路建设过程中，一旦地基受到这些不稳定性因素的影响，可能会导致原有稳定性的丧失并引发塌方、滑坡等潜在危险。针对软土路基的不稳定性，市政道路建设需全面评估这些因素，并制定相应的对策来提高路基的安全性。控制软土含水量对于降低地基变形概率至关重要。通过采用地基处理技术，如透水改良和内排水等方式，可以有效调控含水量并提高地基稳定性。此外，完善排水设施对于防止因降雨、地下水变化等引发的不稳定性问题具有重要意义。合理设计和设置排水渠道，确保水分及时排出，从而避免地基饱和，降低危险。需要特别注意植被对软土路基的影响。在市政道路建设中，适当种植有助于改善路基土壤的水分状况，提高土体抗剪强度，应尽量避免树根等生物扰动影响道路土层，在此基础上，还可采用加固措施，如土工布、土工格栅等加筋技术，以增强软土路基的抗变形能力和整体稳定性。

三、市政软土路基施工技术类型

路基处理技术在市政软土路基施工领域占有重要地位，其核心目标在于改善软土的工程性质，减少压缩性及含水量，并提高土层稳定性。因此，在这个过程中涉及许多不同的技术方法，如动静压法、土混凝土法、水泥混合桩法和喷浆法及换填法、排水法、真空预压法、深层搅拌法、碎石桩法等。动静压法应用于软土路基施工时，是通过特定的压缩设备对软土施加振动和撞击力，将路基内部细小颗粒紧密填充，从而增大其密实度和稳定性。这种方法不仅提高了地基的承载力，同时减少了有害变形的风险。此外，动静压法对于加快沉降反应以及提高施工速度具有重要价值。土混凝土法采用土壤与特定比例的水泥进行搅拌，形成高强度的土混凝土结构。这种结构可以有效地提高地基的整体强度和刚度，减弱土地压缩性。同时，土混凝土法还有助于加固与表层土体的结合，防止表面剥离，提高道路稳定性。水泥混合桩法是将水泥浆液注入软土层，形成水泥体，赋予其较高强度。当桩与土体结合固化后，地基的整体承载力得到显著提高，进而带来更好的地基稳定性。此方法在软土路基施工中应用广泛，尤其是在对筑坝、堤防等地基进行加固时，成效尤为显著。喷浆法主要应用于加固较大体积的软土路基，通过高速喷射某种改性的浆液到土层中，使改性浆液与先期疏散的土颗粒发生异常灵敏反应，使土体瞬间产生加固效果。喷浆法有助于

减轻地基荷载，降低沉降速度，并改善土的抗剪强度，提高整体地基稳定性。综上，随着现代科技进步，目前地基处理方式方法越来越多，下面着重阐述现代与传统处理路基的几种方式：

（一）软土地基换填法

软土地基换填法是市政软土路基施工技术的一种重要方式，通过移除部分或全部软土层并在现场填入具有较好工程性质的土壤或颗粒材料，达到提高地基承载力、减小沉降变形、消除不良地基影响的目的，这种方法适用于各种软土地基的处理，特别是地基土体厚度较大、施工条件限制较多的场景。在实施软土地基换填法时，根据现场地质条件和土体评估结果，首先确定换填土的类型、厚度和施工范围。常见的换填材料包括粉煤灰、渣土、细砂、粗砂、砂石等，如图二所示，然后，采用专业设备挖掘并移除软土层，对底部的土壤进行充分压实。之后将换填土倒入挖掘区域，使用碾压机械进行分层压实，以达到预定的承载能力和工程设计要求。为确保施工质量，软土地基换填法需在整个施工过程中进行严密监控。分析和控制填土材料的质量和工程性质，确保其符合设计和规范要求。此外，填土过程中还需针对填土厚度、碾压遍数、压实度等进行精确监测和控制，以保证地基的承载能力和稳定性。软土地基换填法在处理软土路基方面具有显著的技术优势，但同时需要注意施工成本、影响范围 and 环境影响。合理选用换填材料，充分利用现场资源，广泛应用新技术和新材料，将有助于降低工程成本，提高施工效率和可持续性。



图二 换填材料

（二）地基排水法

地基排水法是指利用技术手段，在地基内构建排水设施，将土体内多余水分排出，从而保持地基水位稳定，地基排水法可以有效地减小沉降，提高地基土体的强度，降低液限值，同时改善土体的抗剪切性能，为工程建设提供良好的地基支撑。在实施地基排水法施工时，工程技术人员首先要对地质进行系统勘查与土质分析，针对地基土体的渗透性、含水量、液限以及抗剪强度等因素进行全面评估。结合评估结果，设计专门针对地基土性质和工程需求的排水系统，包括疏散沟、集水井、渗水管、排水槽等，在布置排水系统时，要充分考虑排水系统的布局合理性、排水间距的适宜性、废

水排放通道的设置及工程整体效果。施工过程中,需对排水系统进行严格的监控与调整,以确保排水效果达到预期。如果排水系统出现堵塞、压力不足或渗透速度过慢等问题,需要及时清洗、疏通或调整排水装置参数,建立完善的检测体系来保障对整个地基排水系统的运行状况进行实时监控,确保持续、稳定的排水效果。地基排水法施工完成后,需根据土体的沉降情况和监测数据,对排水系统进行后续优化与维护。确保在整个工程周期内,地基排水系统始终保持良好的运行状态,土体水分、含水量的减少及稳定有助于地基土体强度的增加,确保软土路基工程抗压抗剪能力满足要求。

(三) 真空预压法

真空预压法作为一种市政软土路基施工中的创新技术,已逐渐受到广泛关注和应用。该方法主要是利用负压的原理来改善和加固软土路基,提高其工程性能。在施工过程中,首先在软土路基表面铺设一层透气膜,对地基进行充分封闭。透气膜是真空预压法的关键组成部分,需具备良好的透气性和封闭性。接下来,通过设置真空泵抽离地基内的气体以产生负压。负压的作用与预先施加荷载的效果类似,使得软土路基产生局部膨胀,有利于地基的加固。此外,在真空预压法中,还需要设置合适的排水通道以帮助软土内部多余水流出。排水通道设置在路基的边缘和轴线处,可采用排水板、排水管等材料,确保水分从高压区域流向低压区域。由于真空预压法不涉及实际荷载的增加,因此在施工过程中无须考虑基底附近的周边结构受到荷载影响。并且,真空预压法具有构造简单、成本较低、施工效果明显等优点。经过真空预压处理,借助负压引导水分排出,可以有效降低软土路基的含水量。含水量降低后,地基的压缩性会减弱,从而减小沉降。同时,软土路基的承载力和稳定性得到显著提升,为道路的建设和使用带来便利。此外,通过真空预压法的应用,施工进度得以加快,施工成本得以降低。为保障真空预压法的施工效果,在施工前需要对地基进行充分的试验和评估,包括土质类型、含水量、承载力等方面,以确定透气膜选择、排水通道设置和抽气处理时间等方案。合理运用真空预压法,在市政软土路基施工中发挥重要的加固和改造作用,确保道路的长期使用性能和品质。

(四) 深层搅拌法

深层搅拌法是一种在软土地基处理中广泛使用的有效技术。该方法通过在软土层内注入水泥浆体,经搅拌形成均匀混合土,在土体中形成硬化结构,改善软土路基的工程性质。实施深层搅拌法时,需要首先将水泥浆体按预定量配置好,然后按照设计要求,在生成区的软土路基中设置搅拌钻孔点。钻孔通常采用专用搅拌钻机,具备一定的扭矩和搅拌速度。工程师会根据土层的性质和处理需求选择合适的搅拌器材。搅拌过程中,钻机将水泥浆体连同搅拌器具一同推入土层,钻轨将水泥浆与原有软土结构搅拌,使其充分混合。随着搅拌器材和杆件的不断升降,土层中的水泥浆体会与土壤材料充

分混合,形成均匀的混合土。搅拌完毕后,钻机将搅拌器具缓慢抽出,以确保混合土的密实度。搅拌完成后,需要对土体进行充分固化。该过程中的固化时间因地基土壤、水泥浆比例和环境温度的不同而有所差异。通常情况下,充分固化所需的时间可能在几天至几周内。固化过程中,水泥浆与土壤结构产生水泥凝胶作用,使整个混合土体的承载力、抗压强度、抗剪强度等力学性能得到显著提升。深层搅拌法在市政软土路基施工中具有明显的优点:作为一种非开挖施工方法,具有更快的施工速度和较低的施工成本,适合大面积施工。同时,其对环境的影响小,不易产生二次污染。在许多市政软土路基工程中,深层搅拌法已成为提高路基承载力,填补软土含水量大、压缩性强和不稳定性的关键技术手段。

(五) 碎石桩施工技术

碎石桩施工技术是将碎石材料沿预先设定的方案,按一定间距和深度布置在原地基上,再通过抖动或振动等方式使碎石材料与原土结合,从而提高地基强度和稳定性。此技术操作简单,施工速度快,适用范围广。施工过程中,采用各种不同尺寸和形状的碎石,选择最佳的颗粒组合以满足地基强度需求,根据碎石填筑项目的需求,平板振动锤或其他振动设备可以用于进行振动填筑操作,以确保碎石和土壤的充分结合。振动填筑同时还可以增加碎石桩之间的接触面积,提高地基的承载力和整体稳定性。另外,为了防止周边设施受到振动的影响,可采用声纳引导系统密切监测现场,确保振动范围控制在可接受的范围内,并根据碎石桩的实际承载情况,设计合理的荷载分布方案,确保交通道路在使用过程中具有良好的整体稳定性和耐久性。

四、结束语

综上所述,软土路基在市政道路建设中具有低承载力、较大压缩性和不稳定性等挑战。然而,随着科技的发展,诸多创新性的施工技术应运而生,为解决软土路基问题提供了有效手段。这些技术包括土工合成材料、地基处理技术、真空预压法以及深层搅拌法等。这些方法不仅提高了软土路基的承载力与稳定性,还有助于节省施工成本和维护费用,同时增强可持续发展和环境友好性。市政软土路基施工技术研究的持续发展表明人们正致力于提升道路基层性能,寻求更为经济、环保、高效的施工方法,旨在为现代城市的持续发展和人们的出行提供更加安全、舒适的道路。

参考文献

- [1] 吴雷. 公路施工中软土地基的处理技术[J]. 工程技术研究, 2016, (8): 79+83.
- [2] 罗清平, 周小梅. 对市政道路工程中软土路基施工技术的应用探讨[J]. 中国建材科技, 2014, (S2): 166.
- [3] 叶青媚. 市政道路软土路基处理中强夯法施工技术的应用[J]. 低碳世界, 2015, (1): 258-259.

作者简介: 贺开燕(1978—), 男, 本科, 重庆铜梁, 高工, 研究方向: 市政工程。