

市政道路软土地基施工中水泥搅拌桩的应用

温占茂

佛山市国林建设工程有限公司

摘要：本文探讨了市政道路软土地基施工中水泥搅拌桩的应用。该技术基于水泥与软土混合硬化的原理，施工准备充分后，通过预搅下沉、喷浆搅拌提升及重复搅拌等步骤，有效增强地基承载能力。应用此技术需注意施工参数控制及现场监测。实践表明，水泥搅拌桩技术在软土地基加固中效果显著，对提高市政道路建设质量具有重要意义。

关键词：市政道路；软土地基；水泥搅拌桩

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.065

前言

为了有效解决市政道路软土地基问题，提高道路的质量和稳定性，研究人员和工程师们不断探索新的地基加固技术和方法。在众多加固技术中，水泥搅拌桩技术凭借其施工简便、成本低廉、加固效果显著以及环保无污染等优点，逐渐成了解决市政道路软土地基问题的首选方案。

一、水泥搅拌桩技术原理

水泥搅拌桩技术，作为一种高效且广泛应用的地基加固方法，其技术原理深植于土壤工程学与材料科学的融合之中。这一过程中，软土与水泥在机械力的作用下被均匀混合，形成了一个独特的反应体系。水泥粉末与水接触后迅速水化，形成水化硅酸钙、水化铝酸钙等胶凝物质。这些胶凝物质在土壤中逐渐扩散，将原本松散的土颗粒紧密地黏结在一起，形成了一种新的、具有更高强度的复合材料——水泥石。这种材料不仅具备了软土的原生特性，如良好的压缩性和可塑性，还因为水泥的加入而获得了更高的水稳定性和承载能力。

在搅拌初期，土壤中的水分和空气与水泥粉末发生初步的化学反应，生成初级的胶凝物质。随着搅拌的持续进行，这些胶凝物质逐渐增多，并在土壤颗粒间形成网状结构，这种网状结构不仅增强了土壤的凝聚力，还使得土壤的整体性得到了显著提升。综上所述，这一技术不仅能够有效加固饱和软黏土地基，提高地基的承载力和稳定性，还能够适应各种复杂的工程条件和技术要求。因此，在现代土木工程中，水泥搅拌桩技术已经得到了广泛的应用和推广^[1]。

二、施工准备

在施工准备阶段，一个细致而周密的流程是确保水泥搅拌桩技术成功应用的基础，这一步骤涉及对地基情况的深入勘察，包括土壤类型、含水率、承载力等各项指标的详细分析，基于这些数据，制定出符合工程要求

的施工方案，明确搅拌桩的深度、直径、水泥掺量等关键参数。紧接着对桩位的定位测量，利用先进的测量设备和技术，精确测定每个桩位的坐标，确保施工过程中的定位误差在可控范围内。这一步骤不仅要求测量精度高，还需要考虑施工环境、天气等因素对测量工作的影响，确保测量结果的准确性和可靠性。

在桩位定位完成后，接下来就是将桩机移动到指定的桩位上，并确保桩机能够平稳、准确地移动到预定位置。在移动过程中，需要密切注意桩机的稳定性和安全性，避免发生倾覆、碰撞等意外情况。桩机到达桩位后，需要进行桩机垂直度的校正工作，这是因为桩机的垂直度直接影响到搅拌桩的施工质量。如果桩机倾斜，将会导致搅拌桩的直径、深度等参数发生偏差，进而影响地基的承载力和稳定性。因此，必须利用专门的校正工具和设备，对桩机的垂直度进行精确调整，确保其处于垂直状态^[2]。

在桩机垂直度校正完成后，还需要进行桩机的固定工作。这是为了确保在搅拌过程中桩机能够保持稳定不动，避免因震动、冲击等因素导致桩机移位或倾斜。固定工作可以采用多种方式，如利用地锚、钢丝绳等工具将桩机与地面牢固连接，或者利用液压支腿等装置将桩机支撑在地面，以确保其稳定性和安全性。

三、预搅下沉

在预搅下沉的阶段，深层搅拌桩机的操作直接关系到后续水泥搅拌桩的质量和效率，所以应仔细检查搅拌桩机，确保其处于良好的工作状态，各项安全指标均符合规定。随后，启动深层搅拌桩机的转盘，这个转盘承载着搅拌头，是搅拌桩机最核心的部件之一。随着转盘的启动，搅拌头开始沿着预先安装好的导向架缓缓下沉。导向架的作用在于确保搅拌头能够按照预设的轨迹进行下沉，避免了施工过程中的偏差和失误。在这个过程中，搅拌头不仅在下沉，同时还在不断地进行搅拌，将沿途的土壤与周围的水分充分混合^[3]。

下沉的速度是预搅下沉阶段需要特别关注的参数之一。一般来说，下沉速度过快可能会导致搅拌不均匀，影响水泥搅拌桩的质量；而下沉速度过慢则可能会增加施工时间，降低施工效率。因此，要根据土壤的性质、搅拌桩的设计要求以及现场实际情况，灵活地调整档位，以达到最佳的下沉速度和搅拌效果。

在搅拌头下沉的同时，要密切关注搅拌桩机的运行状况，可通过观察搅拌头的转速、扭矩等参数，以及听取搅拌桩机运行时的声音，来判断搅拌桩机是否处于正常的工作状态。如果发现异常情况，如搅拌头转速过

慢、扭矩过大或声音异常等，施工人员会立即停机检查，排除故障后再继续施工。在预搅下沉阶段，施工人员还需要注意对施工现场的环境保护。采取措施减少搅拌桩机运行时的噪音和粉尘污染，确保施工现场的环境卫生和空气质量符合相关要求^[4]。

四、喷浆搅拌提升

在水泥搅拌桩的施工过程中，喷浆搅拌提升无疑是最为关键的一个环节，它直接关系到搅拌桩的质量和均匀性。当搅拌头经过预搅下沉，顺利到达设计要求的深度后，整个施工流程便迎来了这一决定性的阶段。此时启动灰浆泵，这台设备在整个过程中发挥着核心作用，它通过高压系统将预先制备好的水泥灰浆精准地输送到搅拌头的出浆口。在启动灰浆泵之前，进行一系列细致的检查工作，确保灰浆的配比和稠度符合设计要求，同时检查输送管路是否畅通无阻，以防止在输送过程中出现堵塞或泄漏等意外情况^[5]。

随着灰浆泵的启动，水泥灰浆开始源源不断地流向搅拌头的出浆口。在这个过程中，密切监控灰浆的流量和压力，确保其在合适的范围内波动。灰浆的流量和压力是影响搅拌桩质量的关键因素，过大或过小的流量和压力都可能导致搅拌桩的质量不达标。在灰浆不断喷出的同时，搅拌头也在进行提升操作。提升钻杆的过程中，搅拌头始终保持旋转状态，将土壤与灰浆进行充分的混合。这个过程需要根据土壤的实际情况和搅拌桩的设计要求，灵活地调整搅拌头的转速和提升速度。如果土壤较为松散，搅拌头的转速可以适当提高，以加强搅拌效果；如果土壤较为坚硬，提升速度则需要适当放慢，以确保搅拌头能够充分破碎土壤并与灰浆混合。

在喷浆搅拌提升的过程中，要密切关注搅拌桩机的运行状态和搅拌效果。我们可以通过观察搅拌桩的成型情况、听取搅拌桩机运行时的声音以及检查搅拌桩的均匀性等方式，来判断搅拌桩的质量是否达到要求。如果发现搅拌不均匀、有空洞或夹层等情况，应立即停机检查，找出原因并采取相应的措施进行补救。

五、重复搅拌

为了确保重复搅拌的顺利进行，需要暂时关闭灰浆泵，停止灰浆的输送。这一步骤的目的是为了在接下来的搅拌过程中，将土壤与已搅拌的灰浆进行更深入的混合，而不是再次加入新的灰浆。接着，操作搅拌桩机，让搅拌钻头再次沿着预设的导向架缓缓下沉。与初次搅拌下沉相比，重复搅拌下沉的过程更加细致和严格。在这个阶段，搅拌钻头不仅要深入土壤，还要对之前搅拌过的土壤和灰浆进行再次混合。这不仅要求搅拌钻头有足够的下压力，以穿透土壤，还要求它能在下沉过程中充分搅拌土壤，使土壤与灰浆充分混合。

为了确保搅拌的均匀性和稳定性，要根据土壤的特性和搅拌桩的设计要求，精确控制搅拌钻头的下沉速度

和搅拌强度。如果土壤较为松散，那么搅拌钻头的下沉速度应适当减慢，以确保土壤与灰浆的充分混合；如果土壤较为坚硬，那么搅拌钻头的搅拌强度应适当增加，以确保土壤被充分破碎并与灰浆混合。

随着搅拌钻头再次下沉至设计深度，要重新启动灰浆泵，开始新一轮的喷浆搅拌提升过程。在这一轮搅拌中，灰浆的喷入量、喷入速度和搅拌钻头的提升速度都需要被严格控制。过多的灰浆可能会导致搅拌桩的强度高，而过少的灰浆则可能使搅拌桩的强度不足。同样，搅拌钻头的提升速度过快或过慢都可能影响搅拌桩的均匀性和稳定性。

值得注意的是，重复搅拌过程并非一次完成。为了确保搅拌桩的均匀性和稳定性，因此要进行多次的重复搅拌。每次搅拌都会根据前一次搅拌的效果和土壤的实际情况，对搅拌参数进行微调。如果发现某一部分的搅拌桩强度不足，那么在下一轮搅拌中，可以适当增加灰浆的喷入量或搅拌钻头的搅拌强度；如果发现某一部分的搅拌桩过于坚硬，那么在下一轮搅拌中，可以适当减少灰浆的喷入量或搅拌钻头的搅拌强度。

六、桩机移位

在水泥搅拌桩的施工过程中，桩机移位是一个承上启下的关键步骤，它标志着当前桩位施工的完成，同时也为下一根桩的施工做好了准备。一旦一根搅拌桩按照预定的设计参数和施工工艺完成施工，施工人员就需要迅速而精准地将桩机从当前桩位移至下一个预定的桩位，以确保整个工程的连续性和高效性。

桩机移位的过程并非简单的机械移动，它涉及对施工现场的细致观察、对桩位的精确测量以及对桩机的安全操作，首先要仔细检查当前桩位的施工情况，确保搅拌桩已经按照设计要求完成，质量达到标准。然后，根据施工图纸和测量数据，精确确定下一根桩的桩位。这个过程需要借助专业的测量仪器和工具，如全站仪、经纬仪等，以确保桩位的准确性。在桩位确定后，操作桩机进行移位，桩机的移位通常需要使用专业的移动设备或工具，如平板车、吊车等。在移动过程中，要密切注意桩机的稳定性和安全性，防止发生倾覆、碰撞等事故。同时要注意对施工现场的保护，避免在移动过程中损坏已完成的搅拌桩或其他设施。

桩机到达新的桩位后，要再次进行桩位的确认和测量，确保桩机已经准确停放在预定的桩位上。然后，进行桩机垂直度的校正和固定工作，以确保在后续的搅拌桩施工过程中桩机能够保持稳定和准确。桩机移位完成后，要重复之前的施工步骤，开始下一根搅拌桩的施工。这个过程中，根据新的桩位和土壤条件，调整搅拌桩机的施工参数和工艺，以确保每一根搅拌桩都能够达到设计要求。

值得注意的是，桩机移位不仅是一个技术操作过

程，也是一个团队协作的过程。在整个移位过程中，施工人员需要密切配合、相互协作，确保每一步操作都能够准确无误地完成。同时，他们还需要与现场管理人员和其他施工人员保持沟通联系，及时反馈施工情况和问题，以便及时采取措施解决。

七、注意事项

在建筑工程中，搅拌桩作为一种重要的基础结构，其质量和稳定性直接关系到整个建筑的安全与稳定。而水泥浆液，作为搅拌桩的主要材料，其质量的重要性不言而喻。它如同搅拌桩的“血脉”，直接决定了搅拌桩的强度和耐久性。为了确保水泥浆液的质量，施工人员肩负着极其重要的责任。他们必须严格遵守设计要求和配比比例，确保每一份原材料都经过精确称量。这种严谨的工作态度，是对建筑质量的坚守，更是对生命安全的尊重。水泥、水、外加剂等材料，都必须经过精心筛选和计算，才能确保最终的浆液质量达到标准要求。

与此同时，搅拌桩机的操作也是影响施工质量的关键因素。它如同一个巨大的“画笔”，在土壤中绘制出坚固的搅拌桩。然而，如果操作不当，很容易对周边土体造成过大的扰动，从而影响搅拌桩的稳定性。为了避免这种情况，施工人员必须熟练掌握搅拌桩机的操作技能。需要根据土壤的性质和搅拌桩的设计要求，合理设置搅拌桩机的转速、提升速度和搅拌深度等参数。在操作过程中，他们还需要保持稳定、均匀的操作力度，避免对土体产生过大的冲击和振动。然而，施工现场的实际情况千变万化，有时候会遇到各种预料之外的情况。这时，施工人员必须根据实际情况灵活调整施工方法。他们需要根据现场情况，及时调整搅拌桩机的参数和操作方式，确保施工质量不受影响。总之，搅拌桩的施工是一个复杂而精细的过程。只有严格把控每一个环节，才能确保搅拌桩的质量和稳定性。而这背后，离不开施工人员的辛勤付出和精湛技艺。

八、应用效果

在软土地基加固方面，该技术具有显著的效果。通过专业的搅拌桩机，将水泥浆液均匀地注入软土中，与土壤颗粒发生化学和物理反应，形成坚硬的水泥土桩。这些桩体不仅能够提高地基的整体强度，还能有效减少地基的沉降变形，确保道路在长期使用过程中的平整度和稳定性。此外，水泥搅拌桩技术还具有施工简便、成本低廉、环保无污染等优点。相比传统的地基加固方法，如换填、压实等，水泥搅拌桩技术无须大量挖掘和运输土方，减少了施工成本和环境污染。

在某繁华的城市中，市政道路的建设一直备受瞩目。然而，由于地基中存在大量的软土，这条新建的市政道路在竣工不久后，就面临了严重的沉降和开裂问题，给市民的出行带来了极大的不便。面对这一挑战，某施工团队展现出了极高的专业素养和责任感。他们经

过深入研究和讨论，决定采用水泥搅拌桩技术来加固地基，解决这一棘手问题。

在施工过程中，某施工团队没有掉以轻心。他们首先对土壤进行了详尽的勘察和分析，了解了土壤的性质和特性。接着，根据道路的设计要求和地基的实际情况，他们精确计算了水泥浆液的配制比例，确保了浆液的质量和稳定性。同时，他们还根据土壤的性质，合理设置了搅拌桩机的转速、提升速度和搅拌深度等施工参数，以确保搅拌桩的质量和效果。

经过一段时间的紧张施工，地基的加固工作顺利完成。道路的地基承载力和稳定性得到了显著提升，沉降和开裂问题得到了有效解决。市民们再次走上这条平整的道路时，脸上都露出了满意的笑容。值得一提的是，这次施工还充分考虑了环保因素。水泥搅拌桩技术作为一种环保无污染的技术，在施工过程中对周边环境的影响极小。某施工团队严格遵守环保规定，采取了一系列措施减少噪音和粉尘污染，得到了当地居民和相关部门的高度评价。

综上所述，采用水泥搅拌桩技术对市政道路软土地基进行加固处理，是一种高效、经济、环保的解决方案。该技术通过提高地基的承载力和稳定性，减少地基沉降和道路开裂等质量问题，为市政道路的长期稳定使用提供了有力保障。同时，该技术还具有施工简便、成本低廉、环保无污染等优点，具有较好的经济效益和社会效益。在未来的市政道路建设中，水泥搅拌桩技术将发挥更加重要的作用，为城市的发展贡献更多力量。

结论

展望未来，随着科技的不断进步和城市化进程的加速，市政道路软土地基问题仍将是城市基础设施建设中需要重点关注和解决的问题。同时，我们也呼吁广大研究人员和工程师们共同努力，为城市基础设施建设的质量提升和可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 陈铖. 市政道路软土地基施工中水泥搅拌桩的应用探讨[J]. 中华建设, 2024, (05): 142-144.
- [2] 阮有祥. 市政道路软土地基处理设计中水泥搅拌桩的应用[J]. 大陆桥视野, 2023, (10): 133-135.
- [3] 王建蓝. 市政道路软土地基施工中水泥搅拌桩的应用探索[C]// 上海筱虞文化传播有限公司. Proceedings of 2022 Engineering Technology Innovation and Management Seminar (ETIMS 2022). 重庆市永川区兴永建设发展有限公司, 2022: 4.
- [4] 龙健. 市政道路软土地基施工中水泥搅拌桩的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(10): 186-187+224.
- [5] 王殿会, 郝欣欣. 基于市政道路软土地基施工的水泥搅拌桩技术应用研究[J]. 建筑机械, 2022, (08): 48-52+4.