

铁路软土路基处理中水泥搅拌桩的施工工艺与质量控制标准

吴周扬

中铁二十四局江苏工程有限公司 江苏南京 210000

【摘要】在铁路工程的开发过程中，对软土路基的处理绝对是至关重要的一步，水泥搅拌桩的运用就为软土路基的处理提供了一种行之有效的解决方案，在铁路工程的建设中，它已经得到了广泛的应用。水泥搅拌桩这一技术手段利用水泥浆与土壤混合的方式，达到了提升土体承载力和稳定性的效果，从一定程度上保证了铁路运营的安全。基于此，本文首先阐述水泥搅拌桩技术的含义和发展历史，其次分析铁路软土路基处理中水泥搅拌桩的施工工艺，最后阐述铁路软土路基处理中水泥搅拌桩的施工质量控制标准，以供参考。

【关键词】水泥搅拌桩；软土路基；施工工艺；质量控制；铁路工程

引言：

基于现代交通体系的快速建设，特别是在复杂地理环境中的铁路施工，面临致命的考验，例如，来自软土地区的软土对铁路基础设施的稳固性带来挑战。站在经济性和效率的角度，水泥搅拌桩的地基处理方式在铁路建设项目中得到广泛地应用。采用该方法，将软土中混入水泥，从而提升土质的稳定性和强度。因此，掌握水泥搅拌桩的施工流程和质量控制指标，在保障铁路基础建设质量和安全性上起了决定性作用。

一、水泥搅拌桩技术概述

（一）含义

水泥搅拌桩技术，一种软土路基的治理手段，在地基中钻入孔洞，然后注入水泥浆，使之与土壤混合加固，进而增强地基的承受力和稳固性。整个工序包括：钻入桩身，拌合注入水泥，以及后面的处理步骤，在桩身钻入的过程中，应选用适合的设备，控制钻入的速度和深度，保持孔洞顺畅。在拌合注入水泥浆阶段，要控制水泥材料的比例并调整拌合参数，以保证水泥浆和土壤充分混合，填补钻孔。最后，对水泥搅拌桩进行养护处理，定期监测以确保其固化效果和稳定性，实现软土路基的改良和加固。

（二）发展历史

水泥搅拌桩技术的历史盛名可追溯至20世纪之初，随着对软质土质地基处理方法的深度勘探和技术革新，令其技艺日渐成熟，并得到应用落地。其初步阶段，这一技术大多在建筑工程领域中得到热捧，主要解决软土地基问题，同时改善地基承载能力。初期，此技术的依赖主要集中在人力操作上，如手动钻孔及手动搅拌等原始方式执行施

工，效率低下，质量难以保证。然则，随着机械化技术与自动化科技的驱动，水泥搅拌桩技术也在变革中得以提升和扩充。20世纪60至80年代，依托于引入的机械设备及自动化施工技术的应用，此技术施工过程有了显著的进步，施工效率与工程质量有了有力的保障，逐步成为软土地基处理的主导技术之一。当前，伴随着建筑工程科技的持续创新与提升，水泥搅拌桩技术也在这个大背景之下，展现出其巨大的发展潜力。现代化的水泥搅拌桩施工中，亦引用先进的钻孔设备及搅拌注浆科技，可以实现高效、精准的施工输出，从而大幅提升了施工效率与工程质量。另外，随着环保与节能因素的重视，这一技术也在持续优化的过程中，应用更为环保、节能的施工材料和技艺，以适应社会发展的需要。

二、铁路软土路基处理中水泥搅拌桩的施工工艺

（一）前期准备

执行水泥搅拌桩工程前，初始阶段的筹备计划必须详细且周全，首要任务是依据设计导向，确认好桩的位置分布，并在现场进行合理标定，旨在保证桩的位置、数量以及间隔符合规定的设计标准，以满足处理软土路基的需求。划定桩的布局时，需全面考虑软土地域的特性以及地质状况，保证桩的分布平均有序，避免任何面临压力的不均衡现象。与此同时，施工区的清扫工作也是初始筹备的重要一环，排除一切可能阻碍施工的杂物，像杂草、石块、砾石等，以确保施工区整洁平整。施工环境的清理不仅为施工提供了优良的条件，也提高了施工过程的安全性。执行前期筹备时，都需进行设备与工具的全面检查，确认其功能完好且适用。如挖掘机、

搅拌机等，需要对其功能表现以及施工状态进行细致排查，保证其能够正常运行。

（二）桩孔开挖

挖孔的直径与深度都需要以设计要求为准，并进行实时监测，以确保挖孔的直径和深度的准确性，开挖作业前需对施工区域进行严格的封闭围护，保障工地安全。接下来，根据设计要求，运用挖掘机等适当的施工设备进行挖孔作业。挖孔过程中，需准确操作挖掘机，防止对周边环境和已经挖出的孔壁产生影响。在当下，普遍用激光测量仪和测量绳进行测量孔的径和深，以确保挖孔的精确度。同时，还需清理孔底的杂物和泥浆，保证孔底的干净平整。桩孔挖掘完成后，需检查孔壁，保证孔壁的质量和稳定性。

（三）搅拌桩灌注

为了保证搅拌桩的质量，质量控制应贯穿整个施工过程，并且需要有全程的施工监理。在施工过程中，必须随时检查施工记录和计量记录，并按照规定施工工艺对每根桩进行质量评定。重点检查的内容包括水泥用量、水用量、桩长、搅拌头转数和提升速度、复搅次数、停浆处理方法等。对于搅拌桩的检验，可以采用以下方法。首先，在成桩7天后，进行浅部开挖桩头，深度应超过停浆面以下0.5m，通过目测检查搅拌桩的均匀性，并量测成桩直径，同时拍摄照片。检验的数量应为总桩数的2%，每个工点不少于3根。其次，在成桩28天后，采用桩长范围钻孔取芯方法进行桩身的完整性、均匀性和无侧限抗压强度的检验。在距离桩顶1/4桩径处全长抽取芯样进行检验，检验的数量应为总桩数的2%，且不少于3根。要求芯样的水泥土搅拌均匀，无断灰、夹泥，并拍摄取出芯样的照片。此外，每隔2m从桩顶以下1m处截取试样（全桩不少于3个，且上、中、下部分都有代表性的芯样），进行无侧限抗压强度试验。钻取芯样后的孔洞应采用水泥砂浆灌注封闭。最后，在成桩28天后进行单桩承载力试验的检验。检验的数量应为总桩数的2%，每个工点不少于3根，从而确保水泥搅拌桩的质量和承载力符合要求。

（四）桩头处理

在桩体注浆工作完成后，桩头的处理工作作为施工后续核心环节更需要专注和严密地关注，桩头处理不但涉及桩头顶部的平整和垂直性，更承担着为后续施工打好基础的重要任务。因此，施工方案必须对桩头处理工作积极执行。在实际的工程中，桩头处理主要有两种方式。一类是直接

将桩头修剪到设计高度，这种方式适用于桩头高度超出所设计需求，修剪过程中需要利用专业设备，确保切割面光滑以满足后面施工的需求；另一种是在桩头顶部安装预制的桩帽，这种适用于桩头高度不够或者需要增强桩顶承压能力的情况，预制桩帽的选用需要根据工程需求进行选择，确保其尺寸、形状和承压能力等满足设计要求。无论对桩头处理采取哪种方式，以下几点都需要特别关注。那就是在处理前必须对桩头全面清理，移走桩头上的杂物、泥土以及其他物品；其次，处理期间应该严格控制施工的精准度和质量，确保桩头处理后的平整和垂直满足设计要求；最后，经过处理后还需要进行质量检查，以确保桩头处理的效果绝对符合工程需求。

三、铁路软土路基处理中水泥搅拌桩的施工质量控制标准

（一）材料质量的严格控制

在处置铁路软土路基项目中，水泥搅拌桩施工水准的决定性因素基本上是由所选用的原材料，水泥作为关键成分，其材料性质的好坏直接决定了桩体强度与持久性。因此，水泥必须满足国家或行业的相关标准，而非限于强度等级、凝结时间以及稳定性等指标。有关的标准保证了水泥在凝固过程中得以实现预设的效果，为桩体赋予足量的支撑力和稳定性。除去水泥，还包括砂、石类骨料，都是构筑桩体的关键部分，不仅需要满足一定的粒度配比需求，保障在混搅和凝固过程中能塑形均匀而又致密的构造。骨料的力量也有严格要求，它们必须能够承受长时间的重压，而不会导致毁灭性的影响。骨料的清洁程度、泥沙含量以及在可控范围内的有害物质的含量，都要在允许适度范围内，以避免对桩体的品质产生负面影响。在实际操作中，施工方应对每一批入场的材料进行细致地检验，确保所有材料均符合设计要求和规范标准。

（二）精确地测量与定位

在铁路软土路基处理工程中，水泥搅拌桩的精确施工位置是确保整个路基稳定性和使用寿命的关键因素。因此，这一阶段的工作需要高度的专业性和精确性，任何微小的误差都可能导致后续施工的问题，甚至影响到整个工程的安全性。首先，施工单位需要利用现代测量技术，如全站仪、GPS等高精度设备，对施工现场的地形进行全面的测绘，为工程设计提供准确的地形信息，确保设计方案的合理性和可行性。同时，通过对地形特征的详细分析，可以预测可能出现的问题并提前制定相应的应对措施。接下来，根据设计图纸和地形测量结果，专业人员将在施工现场进行桩位放样，需要严格按照设计要求和施工规范进

行,确保每个桩位的准确性。在放样过程中,应使用明显的标记物对桩位进行标识,并在施工过程中定期检查这些标记物的位置,防止因外力作用或其他因素导致桩位偏移。此外,为了进一步提高施工精度,施工单位还可以采用计算机辅助设计和现场监控技术。通过实时监控施工现场的情况,可以及时发现并纠正可能出现的偏差,确保施工过程的精确性和可控性。

(三) 严格的施工过程控制

因硬质土壤与铁路路基处理结合使用的水泥搅拌桩施工,这项操作的精确度要求极高。操作规定的每一步,从打钻,浇注混凝土,到拔管,都需细心依据操作规程而行,钻孔的时候必须确认孔壁稳固,以保护孔内不积水或倒塌,此项工作一般需工人具备精湛的手艺,并且有丰富的实际经验。打孔机的选型以及使用方法直接影响下一工序的质量,所以,根据地质因素,施工队伍要挑选合适的打孔设备,并设置正确的打孔速度、循环泥浆压力和质量,以便适应各类地层的构造。与此同时,浇注混凝土的过程也同样重中之重,这一环节直接决定了桩体密度和质量。浇注必须保证使用足够的混凝土,以及合适的浇注压力与速度,并确保水泥浆充满钻孔空间,以排除过量的水分和空气,使桩体达到均匀密实。另外,在浇注过程中也需要密切监控混凝土的性质,如浆液的黏稠度,流动性等等,防止出现析水、离析等现象,确保桩体质量避免受损。

(四) 及时的质量检测与评估

为确保铁路软土路基中水泥搅拌桩的承载能力和完整性,质量检测与评估是关键环节。施工过程中,每当完成一根桩的打造,都需立刻进行质量检测,这些检测可能包括但不限于静载试验、超声波检测、抽芯检测等方法,它们能从多角度全面评估桩体的整体性能。静载试验通过模拟实际情况下桩体的受载情况,可以直接反映桩的承重能力。而超声波检测技术则通过波速改变来侦查桩体内部的缺陷和不连续。抽芯检测是一种直接方法,取出桩体内部的芯样,就可以直观地观察其材质和密实度。对于检测结果表现不合格的桩,施工队伍必须立刻采取措施进行处理。这可能包括修复缺陷部位、重新注浆加固或甚至全新施工。所有这些处理办法的最高准则就是保证桩体质量和工程安全。除了对单根桩的检测外,施工队伍还应定期对整个工程项目进行评估。这里包括分析施工过程中的数据记录、检测结果以及处理情况,评价施工方案的效用,并根据评估结果调整后续的施工计划。最后,所有的检测数

据和评估报告都应整理归档,作为工程质量的重要证明。这些资料不仅对现在的工程验收有至关重要的影响,也为将来类似的工程提供了宝贵的经验和参考。

(五) 完善的记录与档案管理

完全记录和恰当地管理所有与工程施工相关的信息和数据如材料批次,施工时间,检查结果等,是至关重要的,这些数据不仅充当施工质量的见证,也为之后的维护和管理提供了宝贵的参考依据。工程管理人员在施工现场应配置一套周全的数据管理系统,保证全部数据的及时、准确地录入和储存。在记录材料批次时,要详尽地记录每批材料的制造厂家,生产日期,规格等信息,以便对材料质量进行追溯和溯源。对于施工日志,应详细记录每一步施工环节的具体日期和时间,方便之后的进度管理和工期控制。在记载检查结果方面,应详细记录每次检查的数据和出结论,还有相应的处理措施和结果。在实际施工过程中,应严格遵守相关的规范和标准,以保证施工质量能够满足设计要求。

结束语

随着科技的日新月异,水泥搅拌桩技术在处理软土路基的场景愈发被广泛应用。为了进一步提高该技术的性能,理应不断优化材料配比、引进更为先进的施工设备以及研究更具精确性的控制策略。同时,环保领域的进步和保护绿色环境的重要性也充分提醒我们,施工过程中应尽可能减少对环境的破坏,使施工和环保之间形成和谐。

参考文献:

- [1] 赵子龙.公路软土路基处理中的水泥搅拌桩施工工艺及质量控制措施研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9 (01): 63-65.
- [2] 赵青华. 深层水泥搅拌桩在软土路基加固处理中的应用[J]. 交通世界, 2022, (29): 115-117.
- [3] 陈晨. 水泥搅拌桩技术在道路软土路基处理中的应用[J]. 工程建设与设计, 2020, (21): 215-216.
- [4] 陈乔娜. 公路软土路基处理中水泥搅拌桩施工工艺及质量控制[J]. 建材与装饰, 2020, (15): 234+237.
- [5] 段荣丰. 深层水泥搅拌桩在淤泥质软土路基处理中的应用[J]. 山西建筑, 2019, 45 (04): 63-64.
- [6] 王汝平. 水泥搅拌桩技术及其在市政道路工程软土路基处理中的实践[J]. 现代物业(中旬刊), 2018, (11): 177.

作者简介:

吴周扬,男,民族:汉族,江苏省句容市人,闽南师范大学本科毕业,中铁二十四局集团江苏工程有限公司沪渝蓉高铁南京枢纽站前3标一分部技术主管。