

公路工程中碎石注浆桩技术的应用

范海莉*

山东省无棣县交通运输局, 山东 滨州 251900

摘要： 碎石注浆桩技术是目前工程实践中广泛应用的一项岩土工程加固手段，在民用建筑、市政工程、港口、挡土结构等工程中均得到了广泛的应用。本文尝试分析碎石注浆桩技术在公路工程中的应用，首先对碎石注浆桩技术的基本特点进行概述，然后对碎石注浆桩技术要点进行分析，最后论述碎石注浆桩施工期间的质量检测方法和相关控制措施，希望能够使公路工程中对碎石注浆桩技术的应用更加完善。

关键词： 公路工程；碎石注浆桩；技术

Application of Gravel Grouting Pile Technology in Highway Engineering

Fan Haili*

Shandong Wudi County Transport Bureau, Binzhou, Shandong 251900

Abstract： Stone grouting pile technology is a geotechnical engineering reinforcement method widely used in current engineering practice, which has been widely used in civil construction, municipal engineering, port, retaining structure and other projects. This paper tries to analyze the application of gravel grouting pile technology in highway engineering, first to outline the basic characteristics of gravel grouting pile technology, and then analyze the technical points of gravel grouting pile, finally discusses the quality detection method of gravel grouting pile construction and related control measures, hope to make the application of gravel grouting pile technology in highway engineering more perfect.

Key words： highway engineering; gravel grouting pile; technology

引言：

碎石注浆桩技术将砂石桩技术与高压注浆技术相结合，在公路工程中有非常突出的应用价值与应用潜力。相较于传统技术而言，碎石注浆技术兼具了无噪声，无振动，施工速度快，以及不挤土等诸多优势，且对提高桩间土强度水平以及承载能力有重要意义，非常适用于公路工程的施工要求。目前，碎石注浆技术已经在国内各等级公路工程施工项目中得到了广泛的应用，取得了非常突出的社会效益与经济效益，需要不断创新和发展。

一、碎石注浆桩技术的概述

碎石注浆桩技术是一种新型的技术，是对公路工程建设技术的一种改进，是将压力注浆桩技术和钻孔灌注桩技术结合起来，然后对设计桩进行钻孔然后进行注浆和石料的投放。实际上，这种技术是一种微型的无砂混凝土的一种桩技术，这种技术实际上对技术的要求比较高，需要注意石料的投放过程，还要对钻孔进行相应的清洗，来保证石料凝结形成桩的过程中能够准确性比较高。^[1]因为这种技术的实用性范围比较广，但是这种技术对于一些软地基的处理效果不太好，但是也可以对软地基进行一定的加固，所以说，对于这种技术的应用要根据公路工程建设要求进行相关的建设，以便使公路工程建设出来的各方面效果都比较

好。这项技术对于施工现场的要求还是比较严格的，尤其是对于一些注浆桩的位置要求比较严谨，对于注浆的过程也要求比较精细。实际上，这种技术主要是为了使公路工程的地基结构建设的更加牢固，建设出来的质量能够得到相应的提升，主要对材料的选择和施工设备的要求比较高^[2]。

二、碎石注浆桩技术特点分析

传统公路工程施工中通常使用各种工程机械和工具。虽然可以大大减少不必要的人工成本，但这些机械和工具往往在使用过程中受到施工现场的限制和影响，导致许多项目无法顺利完成。碎石注浆桩技术的应用可以有效地避免这一问题，操作简单，施

* 作者简介：范海莉，（1976—），女，籍贯，山东省无棣县，民族：汉族，职称：工程师，学历：大学本科，研究方向：公路工程

工现场要求极低。具体操作中形成的噪声影响不大；与此同时，碎石桩的泥浆穿透。从其影响的角度来看，这种现象的存在可能会产生一系列积极影响，增加地面对车辆产生的摩擦，提高车辆运行的安全性。可以在雨雪等一系列恶劣的天气条件下，为居民的旅行安全提供了保障。再者，因为其操作流程简单易行，这使得相关人员能够有效监控工程品质并逐步优化。以上所述的优势仅是应用于碎石注浆桩建设技术的普遍特性，而在某些特定的场景下，一些微小但重要的优势才能得到凸显。然而，不论何种情况下的运用此项技术，均能为相关人员提升基础稳定度提供有力支持。^[3]

三、公路工程中碎石注浆桩技术的应用

碎石注浆桩技术是一种新型的技术，是对公路工程建设技术的一种改进，是将压力注浆桩技术和钻孔灌注桩技术结合起来，然后对设计桩进行钻孔然后进行注浆和石料的投放。实际上，这种技术是一种微型的无砂混凝土的一种桩技术，这种技术实际上对技术的要求比较高，具体应用如下所示：

（一）施工准备

在公路建设之前，必须对沿线地形、地质和水文情况进行全面的调查和研究；对气候等方面有充分的认识，并认真搜集有关的设计数据，同时对当地路基的压实度不足、坍塌等问题有一定的认识，并采取相应的措施加以解决。在工程建设初期，要对软弱地基进行调查，尤其是软弱地基的定位，以便精确地确定软基的分布和厚度。在路基补强方案设计中，应全面认识和分析地形地貌、路基土质、材料和车辆荷载，并对路基的稳定性进行校核，从而为路基加固方案的制定和完善提供可靠的基础。^[4]

（二）测量定位

依据国家的公路建设规范，对于桩体完好度的测试主要采用常规的低动能测试法（LST）和钻孔取芯法（DLC）等手段。此外，如钻孔取芯法、变动力实验法（VLT）、声波穿透法（SBT）及低动能测试法也常被广泛应用于此种评估过程中。当设定桩点位置时，需要用石灰粉划定标记，以便绘制钻孔圆形轨迹，该圆形的半径需符合护壁厚度加桩体的总宽度要求，且误差控制在最大值不超过20mm范围内。在实施碎石灌浆定位工程中，必须指派专门的人员负责现场测量并设置基准线，同时利用经纬仪对垂直高度进行校正，确保全过程监测到位。

（三）钻孔施工

公路工程碎石注浆桩技术实际应用中，首先应该进行钻孔施工。一方面，工程施工人员要确定钻孔的直径。直径确定要与注浆桩的直径相符合，在前期设计层面上确定注浆桩直径之后，科学测量、精确计算，确定最佳的钻孔直径，为后期注浆工作科学化实施奠定基础。另一方面，在钻孔施工中，合理选择钻孔机械设备也是非常重要的。钻机的选择要保证钻进的正直性，避免在钻进过程中由于钻进力度不足，无法顺利钻进的现象；同时也要避免钻进过程中出现坍塌的不良现象。实际钻进中为了避免出现坍塌的不良问题，需要严格进行钻进土质结构的分析，做好相应

防护工作。此外，钻孔中，应该将预留钻孔深度控制超过实际设计的钻孔深度。^[5]

（四）清孔施工

在钻孔施工完成后，工程人员需要进行清孔施工操作。这一工作进行主要分为两个方面。一方面，钻机取出之后的钻孔清理。这一清理工作进行主要是将孔洞内部的杂物全部清理，并且要保证钻孔内部杂物厚度不超过15cm；另一方面，在钻孔完成后确定整个钻孔的深度、直径达到了相应的设计标准。那么，施工人员则要进行投石清洗，以此保证泥浆比例能得到合理控制。

（五）投石施工

碎石注浆桩技术的施工原理是将碎石和液体搅拌在一起，形成一套完整的桩基结构，因此，有关部门要将石块投入其中。在进行投石作业时，首先要对石材的特性等进行检验，以确保其强度、泥量，且颗粒大小要尽可能均匀；不能有太大的差异，同时也要对其表面进行简单的清洁，以免在投入时对内壁产生损伤。并且在后期的最终作业中，泥浆必须从孔底注入，因此在投入石块前，工人必须在其底部设置导向管和注浆管；在投入时要小心不要损坏管子。^[6]值得注意的是在此工程中，为了防止孔的破坏，施工单位要在钢筋笼的内侧设置一个固定的钢筋笼，将石头投入到钢筋笼中。

（六）注浆施工

通常情况下，相关人员会在孔底放置一对长度约1英寸的注浆管，并在其与注浆管之间的40厘米位置形成对称分布，这有助于保证注浆品质的优化。一旦安装了注浆管后，需要立即启动对其接口的防护措施，以防止无关物质侵入其中。通过使用普通的钢制注浆管，可以利用砂浆泵持续地把水泥砂浆输送至钻孔底部。对于砂浆材料，建议选用一般的硅酸盐水泥，并确保砂粒直径不超过0.5毫米。在配置砂浆的过程中，也需要根据设计的抗压强度进行调整。如果满足施工标准且注浆量适中，受重力影响，水泥浆会迅速渗透到土壤内部。严格控制注浆量的同时，要保持适当的拔管速率及间隔，以便于不断上升的拔管作业得以顺利实施。仅在孔口翻浆比例达到砂浆注入比例的95%时方可执行一次性的拔管操作。在注浆过程可能会有轻微震动，导致孔口的岩石逐渐下沉。此时，需加大补充浆液的力量，开展反冲洗工程，以此预防浆液在注浆之后再度下沉的现象发生在施工期间。^[7]

四、质量检测方法

对碎石注浆桩施工质量的观测内容包括沉降观测，水平位移观测，以及承载力水平观测这三个部分。其中，在沉降观测方面，为评价公路工程施工现场碎石注浆桩在沉降方面的具体情况，可以选择在钢塑土工格栅、土工格室以及砂垫层上进行沉降观测板的设置，在进行沉降板的理设时，要确保沉降板底槽的平整，然后在其下铺设砂垫层。当采用钻孔理设法对分层沉降标进行运用时，应对钻孔垂直的偏差率进行严格地控制，从而防止塌孔缩孔现象的产生；在水平位移观测方面，相关人员可以借助于测斜管观测碎石注浆桩地基土体水平位移情况，测斜管应当提前

埋设于公路工程路堤边坡趾部位置，埋设测斜管前必须安排专人负责对钻机导孔偏差率进行严格控制。^[8]同时，对测斜管底部进入本工程施工现场底层粉砂层以及亚黏土层的长度进行准确测量与记录，以确保管顶超出地面的距离符合施工要求，然后对埋设区域进行加盖防护即可；在承载力水平观测方面，可采取的技术手段为单桩荷载试验法或多桩荷载试验法，以水泥搅拌桩单桩为例，其承载力水平允许值为 <120.0kN，符合该要求时方可确保碎石注浆桩结构质量的稳定性。

五、碎石注浆桩施工质量控制措施

（一）施工材料的质量控制

对于碎石注浆桩施工过程中的关键因素——原材料，相关人员需要建立合适的选择准则以满足实务的需求，并提升施工用材的高品质。第一步是确保选取的供应商为合法企业，同时对其提供的原料样本进行质检，重点关注其质量和特性是否符合要求。只有经过合格检验的产品才能被运送到工地使用，严禁不合格产品进入施工场地。第二步是在建筑项目周期漫长的背景下，施工方需设立专门用于存储进场物资的场所，结合周围环境条件配置适当的排水分散设备，降低因储存不当导致物质质量下降的风险。^[9]

（二）加强公路工程施工设备管理

当工作人员致力于提升公路工程中的碎石注浆桩技术时，必须同时保持对建筑材料及机械的高标准选择，以便保证其在公路工程建设过程中能顺畅运行。为达到此目标，需要遵循既定的施

工流程，实施相应的计划与策略，并在强化建筑物料和员工管理工作、制定合理的分派方法的基础上，严密监控建筑物资和工地环境。另外，对于用于碎石注浆桩工作的各类建筑材料，需由专门的技术人员对其种类、特性、品质和数量等方面进行详细检查和核实，防止因购买不当或技术疏忽而导致的施工难题，严禁低质建筑原料被引入或者放置于施工场地内。

（三）施工组织规划工作到位

公路工程碎石注浆桩技术操作中，做好施工组织规划工作也是非常重要的。施工组织规划工作进行中，一方面，合理选择泥浆配制原材料。强化市场调查分析，保证各种材料选择的科学性。材料选择完成后，安排进场。材料进场之后，严格存储管理，避免在存储过程中出现材料变质的不良问题。另一方面，施工组织规划工作进行中，设计人员、施工人员、管理人员和监理人员等加强协调配合。各个部门人员工作安排到位，严格按照操作要求和规划落实相关工作。^[10]

六、结束语

综上所述，碎石注浆桩技术的应用对于公路工程建设具有重要的意义，只有做好这项技术中各个工序的建设，才能保证这项技术的建设质量。当然，在建设的过程中还要做好相应的管理和监控工作，才能促进这项技术的应用。相信随着这项技术的广泛应用，我国的公路工程建设质量也会得到相应的提高，进一步方便人们的出行。

参考文献

- [1]王辉. 碎石注浆桩施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022.
- [2]黄琳达. 碎石注浆桩施工技术在公路工程中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(2):2.DOI:CNKI:SUN:HLJJ.0.2020-02-024.
- [3]白蕊, 张晓英. 公路工程碎石注浆桩施工的技术要点及监测分析[J]. 2022(9).
- [4]郑华欣. 探究碎石注浆桩施工技术在公路工程中的应用[J]. 2021.
- [5]肖雪莉, 梁仕华, 钟宙, 等. 一种微生物注浆排水固化桩及其施工方法与应用:CN201910619670.4[P]. CN112211176A[2024-02-27].
- [6]左丽芳, 秦民杰. 碎石注浆桩施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 2020.
- [7]刘炬, 张驰. 公路工程碎石注浆桩施工技术要点[J]. 汽车世界, 2020(4):1.
- [8]冯继原. 公路工程碎石注浆桩施工技术分析[J]. 卷宗, 2018, 000(022):215.
- [9]宿正亭. 公路工程碎石注浆桩施工技术浅析[C]//工程技术发展. 2015.DOI:ConferenceArticle/5af15a8cc095d71bc8bf5478.
- [10]刘志强. 压密注浆碎石桩技术在高速公路软土路基中的应用[J]. 2005.