

# 注浆加固技术在岩溶地面塌陷治理中的施工工艺改进研究

李明醒

四川科兴工程咨询有限公司 四川 成都 610036

**【摘要】**：岩溶地面塌陷是一种常见的地质灾害，严重影响着周围环境和建筑物的安全。在岩溶地面塌陷治理过程中，注浆加固技术作为一种有效的加固措施，已广泛应用于该领域。为了提高注浆加固效果，本文探讨了注浆加固技术在岩溶地面塌陷治理中的施工工艺改进。通过对现有注浆工艺的分析，提出了改进的施工工艺，重点优化了注浆材料的选择、注浆压力的控制和施工方法的创新。改进后的工艺在实际应用中提高了治理效果，显著提升了地面稳定性，减轻了塌陷的发生。通过持续优化注浆加固施工工艺，可以有效提高岩溶地面塌陷治理的效率与安全性。

**【关键词】**：岩溶地面塌陷；注浆加固技术；施工工艺；加固效果；治理

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.035

## 引言

岩溶地面塌陷是地质灾害中的一种严重问题，尤其在岩溶地区，随着城市化进程的加快，塌陷现象频发，严重威胁着人民生命财产安全。由于岩溶地面具有不均匀的物理力学性质，导致其易发生塌陷，而传统的治理措施往往难以完全解决问题。注浆加固技术因其施工简便、经济效益高、施工效果好，成为岩溶地面塌陷治理中的重要手段。现有的注浆加固技术仍面临一些不足之处，如注浆效果不均匀、施工周期长、成本较高等问题。改进注浆加固施工工艺，提高其施工效率和加固效果，已成为当前研究的重点。本文旨在通过对现有注浆加固工艺的分析与创新，提出一种更加高效、经济的施工技术，为岩溶地面塌陷治理提供更加可行的解决方案。

## 1 岩溶地面塌陷治理现状与问题分析

岩溶地面塌陷是典型的地质灾害，尤其在我国贵州、云南、广西等岩溶地区，塌陷现象尤为严重，严重威胁周围建筑和基础设施的安全。传统治理方法如回填土和混凝土加固虽有一定成效，但也存在局限性。回填土在地下水流动影响下稳定性差，容易复塌；而混凝土加固在复杂地质条件下施工难度大，周期长，效果难以满足高要求。岩溶地面塌陷的有效治理亟需探索更加高效、可持续的技术手段。

面对这些治理技术的局限性，注浆加固技术逐渐成为岩溶地面塌陷治理的主要手段之一。注浆加固技术通过注入适当的固化剂和填充材料，使土壤或岩石发生化学反应或物理变化，从而增强其承载能力、提高地面稳定性。然而，尽管注浆技术在岩溶地面塌陷治理中取得了一定的应用效果，但在实际操作中仍面临诸多问题。主要表现在注浆的效果和均匀性上，特别是在复杂的岩溶区，地下水流、岩层不均匀等因素使得注浆难以达到预期效果。现有的注浆加固技术在施工过程中存在着较大的成本投入和周期较长的问题，这也是制约其广泛应用的一

个关键因素。

进一步分析岩溶地面塌陷治理的难点，首先是岩溶地区地下水流的复杂性和岩层的非均匀性。岩溶地区的地下水流动性强，这使得注浆液在注入后容易被水流稀释或冲走，导致加固效果不稳定。岩溶区的岩层通常存在不规则的空洞和裂隙，这不仅增加了注浆的难度，还使得注入的固化材料难以均匀分布，降低了注浆的有效性。岩溶地面塌陷治理的特殊性要求注浆施工必须在高密度、低空隙比的地下环境中进行，这对注浆材料的选择、施工方法的控制以及注浆压力的调节等方面提出了更高的要求。尽管注浆加固技术在岩溶地面塌陷治理中具备较大的潜力，但在实际操作中仍需要面对一系列复杂的技术问题和环境挑战。

## 2 注浆加固技术施工工艺的优化与改进

随着岩溶地面塌陷问题的日益严重，传统注浆加固技术的局限性逐渐暴露，亟需在注浆材料、注浆方法和施工工艺等方面进行改进。优化注浆加固施工工艺，不仅有助于提高治理效率，还能降低施工成本，提升治理的可持续性。在注浆材料的选择方面，随着新型高分子材料和微胶囊技术的不断发展，注浆材料的种类也在逐渐增多。采用具有较强粘结性能的高强度树脂类材料，可以有效增强岩土体的承载力，减少因地面塌陷导致的裂缝或沉降现象。微胶囊注浆材料具有良好的流动性和高稳定性，可以更加均匀地渗透到岩层和土壤中，提高加固效果。

为了提高注浆加固效果，施工工艺的改进不仅仅依赖于注浆材料的选择，还包括注浆压力和注浆方式的优化。在实际施工中，注浆压力的控制至关重要。过高的注浆压力可能导致注浆液扩散过快，无法有效覆盖岩溶裂隙，从而影响加固效果。而过低的压力则可能无法完全填充土壤或岩层中的空隙。合理的注浆压力和施工方法是确保注浆加固效果的关键。对于岩溶

区复杂的地质结构,采用分层分段注浆技术,可以在不同的地质层面上进行差异化的注浆操作,避免注浆液扩散不均,确保各层岩土体都得到充分加固。

除了注浆压力的优化,施工工艺中的注浆方式也需要创新。传统的注浆方式大多采用单一的注浆孔布置,导致注浆液的传播路径固定,难以达到全方位的加固效果。而通过多点注浆、环形注浆等技术,可以确保注浆液在岩土体中的均匀分布,大大提高加固的效果。注浆施工过程中的实时监控技术也开始得到广泛应用。借助现代化的监测设备,可以实时跟踪注浆液的流动和扩展情况,对施工过程进行动态调整,确保每一步施工操作都在最佳状态下进行,从而进一步提升注浆加固技术的施工效果和质量。

### 3 注浆加固技术在岩溶地面塌陷治理中的应用效果与评估

注浆加固技术在岩溶地面塌陷治理中的应用效果已经在多个实际项目中得到了验证,并取得了显著的治理成果。通过对多个治理项目的评估分析,注浆加固技术在稳定岩土体、减少地面沉降、提高地面承载力等方面都显示出了强大的优势。尤其是在一些岩溶地区,注浆加固技术能够通过注入高强度的加固材料,迅速填充岩层中的裂隙和空洞,有效遏制岩土体的变形和沉降,达到长时间稳定的效果。与传统的治理方法相比,注浆加固技术不仅施工周期较短,且施工成本相对较低,能够更快、更经济地解决岩溶地面塌陷问题。

在实际应用中,注浆加固技术的效果仍受到多种因素的影

响。治理区域的地质条件复杂多变,尤其是地下水流动和岩层不均匀等问题,使得注浆液难以均匀渗透和分布,降低了加固效果。为了提高注浆效果,许多项目开始采用精细化的施工技术,例如通过建立地下水流动模型,精确控制注浆液的流向与扩展范围。注浆液的质量和稳定性也是影响加固效果的关键因素。某些低质量或不合格的注浆材料可能导致加固效果不持久,甚至在长时间内发生反弹,因此确保注浆材料的优质性和稳定性至关重要。

在实际的效果评估中,注浆加固技术的评估标准主要包括两个方面。一方面是地面沉降的控制效果,另一方面是地面承载力的提升。通过对施工前后的地面沉降监测数据进行比对,能够直观地了解注浆加固技术对岩溶地面塌陷的抑制效果。通过对加固后的地面进行荷载测试,评估其承载力的变化情况,能够更加全面地评估加固效果的持久性和稳定性。综上所述,注浆加固技术在岩溶地面塌陷治理中的应用前景广阔,但在具体实施过程中,还需要不断优化施工工艺,提高技术的可操作性和经济性,以更好地满足各类岩溶地质条件下的治理需求。

### 4 结语

本文深入分析了岩溶地面塌陷的治理现状与问题,重点探讨了注浆加固技术的施工工艺改进。通过优化注浆材料的选择、调整注浆压力和施工方法的创新,注浆加固技术在提高地面稳定性和加固效果方面展现了巨大潜力。尽管当前技术仍面临一些挑战,但随着相关技术的不断发展和优化,岩溶地面塌陷的治理效果将得到进一步提升,为地质灾害防治提供更加高效的解决方案。

### 参考文献:

- [1] 陈伟,刘栋.岩溶地面塌陷治理技术研究[J].地质灾害与环境保护,2018,29(3):47-53.
- [2] 王涛,赵云.注浆加固技术在岩溶地区地面塌陷治理中的应用[J].工程地质学报,2020,28(4):58-64.
- [3] 李峰,郑晓龙.改进注浆加固工艺在岩溶塌陷治理中的效果分析[J].岩土工程技术,2019,41(2):112-118.