

# 灌浆技术在水利工程基础处理中的应用研究

王震金

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**灌浆技术是一种广泛应用于水利工程基础处理的重要手段，包括水泥灌浆、化学灌浆和黏土灌浆等类型。该技术通过向地基中注入浆液，提高基础的承载能力、防渗性能和整体性。灌浆材料的选择、灌浆参数的确定以及灌浆施工工艺是确保灌浆效果的关键。然而，在实际应用中，浆液流失、灌浆不均匀以及环境影响等问题仍需解决。因此，需要优化灌浆材料配合比、合理控制灌浆参数、加强灌浆质量监测以及选择环保型灌浆材料等策略，以提高灌浆技术的应用效果和环境友好性。

**关键词：**灌浆技术；水利工程；基础处理；应用研究

**引言：**灌浆技术作为地基处理和加固的重要手段，在水利工程等领域发挥着至关重要的作用。该技术通过向地基中注入不同类型的浆液，以提高基础的承载能力、防渗性能和整体性。然而，在实际应用中，灌浆技术也面临着浆液流失、灌浆不均匀以及环境影响等问题。因此，深入研究灌浆技术的分类、特性、应用关键点及其存在的问题与解决策略，对于确保工程质量和安全具有重要意义。本文旨在综述灌浆技术的相关内容，以期对相关领域的工程实践提供有益的参考。

## 1 灌浆技术概述

### 1.1 灌浆技术的分类与特性

(1) 水泥灌浆：水泥灌浆是应用最为广泛的一种灌浆技术。它利用水泥浆作为灌浆材料，通过注浆管将其注入到地基的空隙中。水泥浆具有高强度、耐久性好、成本低廉等优点，适用于各种类型的地基处理，特别是对于那些需要承受较大荷载的工程。(2) 化学灌浆：化学灌浆则使用化学浆液作为灌浆材料。这些化学浆液通常具有流动性好、固化速度快、可灌性强等特点。它们能够迅速填充地基中的微小空隙，形成致密的固化体，从而提高地基的抗渗性和稳定性。化学灌浆特别适用于那些对地基处理要求较高的工程，如地下工程、隧道工程等。(3) 黏土灌浆：黏土灌浆则利用黏土浆作为灌浆材料。黏土浆具有良好的塑性和粘结性，能够有效地填充地基中的空隙，并形成稳定的固化体。黏土灌浆适用于那些对地基承载力要求不高，但需要提高地基抗渗性和稳定性的工程。

### 1.2 灌浆技术的特点与优势

(1) 适应性强：灌浆技术能够针对不同的地质条件和工程需求选择合适的灌浆材料和灌浆工艺。无论是软土地基、硬土地基还是岩石地基，都可以通过选择合适

的灌浆材料和工艺来实现有效的地基处理。(2) 施工设备简单：灌浆技术的施工设备相对简单，操作方便。注浆管、注浆泵等关键设备易于携带和安装，使得灌浆技术能够在各种复杂的施工环境中得到应用<sup>[1]</sup>。(3) 施工成本低：与传统的地基处理方法相比，灌浆技术的施工成本相对较低。这主要得益于灌浆材料的低成本和灌浆工艺的简便性。(4) 处理效果显著：灌浆技术能够有效地提高地基的承载能力、抗渗性和稳定性。通过注浆管将浆液注入到地基的空隙中，可以形成致密的固化体，从而提高地基的整体性能。

## 2 灌浆技术在水利工程基础处理中的应用

### 2.1 提高基础承载能力

水利工程中的基础土体往往面临着复杂的地质条件和多变的荷载要求。一些基础土体由于自身强度较低、存在软弱夹层或不良地质现象，难以满足工程对基础承载能力的要求。灌浆技术通过向这些基础土体中注入高强度的浆液，可以有效地提高其密实度和强度，从而增强基础的承载能力。在实际工程中，灌浆技术根据基础土体的特性和工程要求，可以选择不同的灌浆材料和灌浆工艺。例如，在软土地基处理中，水泥灌浆技术因其材料成本低、强度高、固化时间长等特点而被广泛应用。通过合理设计灌浆孔的布置和灌浆参数，如灌浆压力、灌浆速度和灌浆量，可以确保浆液能够充分扩散并填充土体中的空隙，形成连续的加固体。在某大型水坝的基础处理中，针对坝基存在的软弱粉质黏土，采用水泥灌浆技术，通过精确控制灌浆参数，成功提高了基础土体的承载能力30%以上，满足了大坝的设计要求，确保了工程的稳定性和安全性。

### 2.2 增强基础防渗性能

水利工程基础的防渗性能直接关系到工程的安全运

行。如果基础存在渗漏通道,可能会导致地基土的流失、坝体失稳、水库水量减少等严重问题。灌浆技术通过向基础土体或岩体中的渗漏通道注入浆液,可以有效地封堵这些通道,形成连续的防渗帷幕,提高基础的防渗性能。在防渗处理中,化学灌浆技术因其浆液流动性好、固化速度快、可灌性强等特点而备受青睐<sup>[2]</sup>。化学浆液能够在土体或岩体的细微裂隙中扩散并固化,形成致密的防渗屏障。在某水库的防渗处理中,针对坝基存在的裂隙岩体,采用化学灌浆技术进行封堵处理。通过精确控制灌浆压力和灌浆时间,化学浆液成功地填充了岩体中的裂隙,形成了连续的防渗帷幕,大幅降低了坝基的渗漏量,保障了水库的正常运行和水量安全。

### 2.3 改善基础的整体性

水利工程中的基础岩体或土体往往存在破碎、松散等问题,这些问题可能导致基础的稳定性和抗变形能力下降。灌浆技术通过将破碎的岩体或土体胶结在一起,可以改善其整体性,提高基础的稳定性和抗变形能力。在改善基础整体性的过程中,灌浆技术需要根据基础岩体或土体的特性和工程要求,选择合适的灌浆材料和灌浆工艺。例如,在引水隧洞的基础处理中,针对隧洞周围存在的破碎岩体,可以采用水泥-水玻璃双液灌浆技术。这种技术通过将水泥浆和水玻璃溶液混合后注入到破碎岩体中,利用两种材料的快速化学反应和固化特性,将破碎岩体迅速胶结在一起。在某引水隧洞的基础处理中,采用水泥-水玻璃双液灌浆技术,成功地将隧洞周围的破碎岩体胶结成一个整体,提高了隧洞基础的稳定性和抗变形能力,确保了隧洞的施工安全和长期稳定运行。

## 3 灌浆技术应用的 key 要点

### 3.1 灌浆材料的选择

灌浆材料的选择是灌浆技术应用的首要环节,其直接影响灌浆效果和工程的安全性。在选择灌浆材料时,需要综合考虑工程地质条件、灌浆目的以及经济成本等多个因素。(1)对于需要提高基础承载能力的工程,如大型水利枢纽、高层建筑的地基处理等,通常优先选择强度较高的水泥类灌浆材料。水泥灌浆材料具有成本低、强度高、耐久性好等优点,能够满足大多数地基加固的需求。然而,在特定条件下,如地基中存在细小的裂隙或孔隙,水泥灌浆材料可能难以完全填充,此时可考虑使用超细水泥灌浆材料或化学灌浆材料。(2)对于防渗要求较高的工程,如水库大坝、地下隧道等,应选用化学灌浆材料或超细水泥灌浆材料。化学灌浆材料具有流动性好、固化速度快、可灌性强等特点,能够迅速

填充地基中的微小空隙,形成致密的防渗层。超细水泥灌浆材料则具有与水泥灌浆材料相似的强度和耐久性,但其颗粒更细,能够更好地渗透和填充地基中的细小空隙。(3)在选择灌浆材料时,还需考虑其可灌性、凝结时间、耐久性等性能指标。可灌性是指灌浆材料在特定条件下能够顺利注入到地基空隙中的能力。凝结时间是指灌浆材料从注入到完全固化所需的时间,它直接影响灌浆效果和施工进度。耐久性则是指灌浆材料在长期使用过程中能够保持其性能稳定的能力。

### 3.2 灌浆参数的确定

灌浆参数包括灌浆压力、灌浆量、灌浆孔间距等,这些参数的合理确定直接关系到灌浆效果的好坏。(1)灌浆压力的选择应根据工程地质条件、灌浆材料的特性以及灌浆目的等因素综合考虑。一般来说,在保证浆液能够顺利注入到地基空隙的前提下,应尽量采用较小的灌浆压力,以避免对地基造成过大的扰动。然而,在某些特殊情况下,如地基中存在较大的空隙或裂隙,可能需要适当增加灌浆压力以确保浆液能够充分填充。

(2)灌浆量的确定则与地基的空隙率、灌浆孔的布置以及灌浆材料的性能等因素有关。可通过理论计算和现场试验相结合的方法来确定灌浆量。理论计算可以根据地基的空隙率和灌浆材料的密度等参数来估算灌浆量;现场试验则可以通过在具有代表性的地段进行试灌来验证理论计算的准确性,并根据试灌结果对灌浆量进行调整。(3)灌浆孔间距的确定要保证浆液在地基中能够相互搭接,形成连续的加固区域。灌浆孔间距的大小应根据地基的空隙分布、灌浆材料的扩散性能以及灌浆目的等因素综合考虑。一般来说,灌浆孔间距越小,浆液在地基中的搭接效果越好,但相应的施工成本也会增加。因此,在确定灌浆孔间距时,需要权衡施工成本和灌浆效果之间的关系。

### 3.3 灌浆施工工艺

灌浆施工工艺是确保灌浆技术能够发挥最佳效果的关键环节之一。它包括钻孔、下管、灌浆等多个步骤,每个步骤都需要严格按照设计要求进行操作。(1)在钻孔过程中,要保证钻孔的垂直度和孔径符合设计要求。钻孔的垂直度直接影响到灌浆孔的深度和灌浆效果;孔径则决定了注浆管的直径和灌浆材料的注入量。因此,在钻孔过程中需要严格控制钻孔的垂直度和孔径大小。(2)下管时要确保注浆管的密封性和深度准确。注浆管的密封性直接影响到灌浆过程中浆液的流失和灌浆效果;深度则决定了浆液能够注入到地基中的深度。在下管过程中,需要对注浆管进行仔细检查,确保其密封性

和深度符合设计要求。同时,还需要对注浆管进行固定和标记,以便后续注浆操作。(3)注浆过程中,要严格按照设计的注浆参数进行操作。控制好注浆速度和注浆压力是关键所在。注浆速度过快可能导致浆液流失和地基扰动;注浆压力过大则可能对地基造成破坏。因此,在注浆过程中需要密切观察浆液的扩散情况和地面的变形情况,并根据实际情况对注浆速度和注浆压力进行调整。同时,要做好注浆记录工作,包括注浆时间、注浆量、注浆压力等数据记录,以便对注浆质量进行分析和评估。

#### 4 注浆技术应用中存在的问题及解决策略

##### 4.1 浆液流失问题

浆液流失是注浆过程中常见的问题之一。当地基土体或岩体的空隙较大、注浆压力过高或注浆工艺不当时,浆液可能会流失到周围的非加固区域,导致注浆效果不佳。为解决浆液流失问题,可以从以下几个方面入手:首先,优化注浆材料的配合比,通过调整水灰比、添加外加剂等方式,增加浆液的稠度和黏度,提高其抗流失能力。其次,合理控制注浆压力,避免过高的压力导致浆液过度扩散。在注浆过程中,应根据地基的实际情况和注浆材料的特性,选择合适的注浆压力。最后,采用分段注浆、间歇注浆等工艺方法,通过分段注入浆液和间歇停灌的方式,减少浆液的流失。这些方法可以有效地控制浆液的扩散范围,提高注浆效果。

##### 4.2 注浆不均匀问题

注浆不均匀也是注浆技术应用中常见的问题。由于地基的地质条件不均匀、注浆孔的布置不合理或注浆过程中操作不当,可能会导致注浆不均匀,部分区域注浆不足,影响基础的处理效果。为解决注浆不均匀问题,需要在施工前对地基的地质情况进行详细的勘察和分析,了解地基的空隙分布、岩性特征等信息。在此基础上,合理设计注浆孔的布置方案,确保注浆孔能够覆盖整个加固区域。同时,在注浆过程中,要加强对注浆质量的监测。可以采用钻孔取芯、压水试验等方法对注浆效果进行检测,及时发现注浆不足的区域并进行补灌。

此外,还应加强对注浆操作人员的培训和管理,提高其操作技能和责任心,确保注浆过程的规范性和准确性。

##### 4.3 环境影响问题

化学注浆材料的应用可能会对环境造成一定的污染。一些化学注浆材料中含有重金属、有机溶剂等有害物质,如果不妥善处理,可能会对土壤、水体等环境造成污染。为解决环境影响问题,应选择环保型的注浆材料。这些材料应具有良好的生物相容性和可降解性,对环境的影响较小<sup>[3]</sup>。同时,在施工过程中要加强对废弃的注浆材料和浆液的妥善处理。可以将其运至指定的垃圾处理场进行无害化处理或回收利用。此外,还应加强对施工过程的环境监测。通过定期检测土壤、水体等环境指标的变化情况,及时发现并处理环境问题。同时,还应加强对施工人员的环保教育和培训,提高其环保意识和责任感。

#### 结束语

综上所述,注浆技术作为一种高效的地基处理和加固手段,在水利工程等领域发挥着至关重要的作用。通过合理选择注浆材料、精确确定注浆参数以及严格执行注浆施工工艺,可以有效地提高基础的承载能力、防渗性能和整体性。然而,在实际应用中,注浆技术也面临着浆液流失、注浆不均匀以及环境影响等问题。为解决这些问题,需要不断优化注浆材料、改进注浆工艺,并加强施工过程中的质量监测和环保措施。未来,随着科技的进步和工程需求的不断提高,注浆技术将继续向着更高效、更环保、更智能的方向发展,为水利工程的安全稳定运行提供更加坚实的技术支撑。

#### 参考文献

- [1]郭倩.浅析农田水利与水利工程防渗处理中的注浆施工技术[J].农家参谋,2022,(10):165-167.
- [2]马秦浩.灌浆施工技术水利工程防渗处理工作中的应用[J].四川建材,2022,48(01):119+137.
- [3]李波.水利工程防渗处理中的灌浆施工技术分析[J].智能城市,2021,7(10):145-146.