

# 隧道施工中的土体固结与支护技术研究

刘硕

四川公路桥梁建设集团有限公司公路二分公司

**摘要:** 本研究旨在探讨隧道施工中土体固结与支护技术的关键问题,通过分析现有技术,提出有效的解决方案。首先对隧道施工中土体固结与支护的重要性进行阐述,探讨存在的问题并提出改进建议,以期为隧道工程建设提供技术支持。

**关键词:** 隧道施工; 土体固结; 支护技术; 工程建设; 技术改进建议

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.13.014

**引言:** 隧道工程是现代城市建设中不可或缺的重要组成部分,而土体固结与支护技术是隧道施工中的关键环节。然而,在实际工程中,隧道施工所面临的土体固结与支护问题时常引起工程质量和安全隐患。因此,对隧道施工中土体固结与支护技术进行深入研究具有重要意义。

## 一、隧道施工中土体固结与支护的重要性

在隧道施工中,土体固结与支护是确保隧道周围土体稳定和安全的措施。开挖隧道后,土体失去原有的支撑,容易发生地质灾害,如塌方和地表沉降。因此,采取土体固结与支护措施至关重要。土体固结技术旨在改良土体的物理性质,增加其承载能力和稳定性。常见的土体固结方法包括注浆固结、冻结法和喷浆法。通过向土体注入特定材料或低温冷冻等方式,改变土体的结构和性质,提高其承载能力,减少沉降和塌方风险。土体支护技术旨在为土体提供支撑和保护,防止地表沉降和土体坍塌。常见的土体支护结构包括钢架支护、混凝土衬砌和锚杆支护。这些结构提供额外的支撑和约束,保持土体的稳定状态,确保隧道工程的安全施工和使用。在隧道施工过程中,需要进行地质勘探和分析,以确定土体的物理性质和结构特点。然后,设计并实施相应的土体固结与支护方案。这些方案需要根据实际情况进行调整和优化,以确保隧道工程的顺利进行。土体固结与支护在隧道工程中起着至关重要的作用。通过合理有效的土体固结与支护措施,可以保证隧道周围土体的稳定和安全的,确保隧道工程的顺利进行。

## 二、土体固结与支护技术的分类

### 1. 压力法固结技术

压力法固结技术是一种常用的土体固结技术,它通过施加外部压力来改变土体内部的应力状态和孔隙水压力,以增加土体的密实度和承载力。压力法固结技术主要包括水平排水法和垂直排水法两种方法。水平排水法是通过在土体周围设置水平排水管或渗流带,将土体中

的孔隙水排出,使土体的孔隙水压力降低,有效应力增加,从而提高土体的承载力和稳定性。这种方法通常适用于边坡稳定、地基处理等工程中。垂直排水法是通过在土体中设置垂直排水井或灌注竖向排水带,加速土体中孔隙水的排出,减小土体的孔隙水压力,增加土体的有效应力,改善土体的稳定性。这种方法常用于软土地基处理、降低地下水位等工程中。压力法固结技术可以有效改善土体的工程性质,提高土体的承载能力和稳定性,广泛应用于地基处理、边坡稳定、隧道开挖等工程中。

### 2. 冻结法固结技术

冻结法固结技术是一种利用冷却作用改善土体工程性质的方法。通过将土体降温至冰点以下,使土体中的水分结冰形成冻土体,从而提高土体的强度和稳定性。冻结法固结技术主要应用于以下几个方面:地下工程中的土体固结,在地铁、隧道等地下工程中,为了控制地下水的渗透,可以采用冻结法固结周围土体,形成冻土墙,从而达到封闭地下水的目的。地基处理,对于软弱地基或需要进行基础处理的工程,可以采用冻结法固结技术来提高地基的承载力和稳定性。深基坑支护,在深基坑开挖过程中,为了防止地下水渗透导致坍塌,可以采用冻结法固结技术来形成冻结墙,增加周围土体的稳定性。冻结法固结技术虽然能够有效提高土体的强度和稳定性,但同时也需要考虑能源消耗和环境保护等方面的问题。因此在实际工程中需要综合考虑各种因素,选择合适的固结技术以确保工程的安全和可行性。

### 3. 预应力锚杆支护技术

预应力锚杆支护技术是一种常用的土体支护技术,通过预先施加拉力于锚杆上,将锚杆与土体结构相连,形成一个整体支撑体系,从而增强土体的抗滑稳定性和承载能力。预应力锚杆支护技术主要包括以下几个步骤:在需要支护的土体中钻孔,通常是垂直或倾斜向下的方向。钻孔的直径和深度根据具体工程要求确定。在钻孔中安装预应力锚杆,通常是由高强度钢筋或钢缆组成。锚杆的长度取决于土体的厚度和需要支护的范围。在钻孔中进行注浆作业,将浆液注入孔内,填充孔隙,形成与土体紧密黏结的固体体积,提高锚杆的黏结力和锚固效果。通过张拉设备施加拉力于锚杆上,使锚杆产生预应力。通常通过扭剪器等设备实现锚杆的张拉,锚杆上的预应力力量将土体与支护结构连接起来。

### 4. 嵌岩法支护技术

嵌岩法支护技术是一种常见的岩土工程支护方法,

适用于需要支护岩石体的工程。该技术主要通过通过在岩石体内开凿槽道或孔洞，再将支护材料（如混凝土、钢筋等）嵌入其中，形成支护结构，以增强岩石体的稳定性和承载能力。嵌岩法支护技术的主要步骤包括以下几个方面：岩石勘探，对需要支护的岩石体进行勘探，了解岩体的结构、力学性质、岩层分布情况等信息，为后续支护设计提供依据。设计支护方案，根据岩体的实际情况，设计合适的支护方案，确定支护结构的类型、尺寸、深度等参数。开凿槽道或孔洞，利用钻孔、爆破等方式在岩石体内开凿槽道或孔洞，为支护结构的嵌入做准备。这一步需要考虑岩体的稳定性和支护结构的位置布置。嵌入支护材料，将预制的支护材料（如钢筋笼、混凝土块等）嵌入到开凿的槽道或孔洞中，确保支护结构与岩石体紧密结合。固化支护结构，等待支护结构固化硬化后，形成稳定的支护体系，增强岩石体的整体稳定性和承载能力。

### 三、存在的问题

#### 1. 土体固结导致地表沉降问题

土体固结在隧道施工中是必要的，但它可能导致地表沉降问题。这是因为土体固结会引起土体体积的减少，从而导致地表下沉。当进行隧道挖掘时，土体会失去原有的支撑和约束，使其变得松散。为了保证隧道的稳定性和安全性，需要进行土体固结。土体固结通常通过注浆、冻结或喷浆等方法来加固土体，提高其承载能力和稳定性。然而，这种土体固结也会对地表产生影响。土体固结后，土体的体积减小，因此导致地表出现下沉现象，即地表沉降。地表沉降的程度与土体固结的程度和区域特征有关，可能会对周围建筑物、道路、管道等基础设施造成不同程度的损害。

#### 2. 土体支护结构设计不合理

隧道施工中土体固结与支护是必不可少的，其中土体支护结构设计不合理是可能存在的问题之一。若土体支护结构设计不合理，将会影响隧道的稳定性和安全性。土体支护结构的设计应该考虑多种因素，如地质构造、土体性质、隧道位置等。如果这些因素没有得到充分考虑，将会导致土体支护结构的设计不合理。例如，如果支护结构的刚度过高，将会对土体产生过度约束，从而导致支撑结构失效或土体破裂。反之，若支护结构刚度过低，则可能会无法承受土体的重量，导致支撑结构崩塌。此外，土体支护结构的设计还应考虑施工条件，包括施工技术、设备和人员等方面的因素。如果这些因素没有得到充分考虑，将会导致土体支护结构设计不合理。例如，在施工时如果没有按照正确的顺序进行支护结构的安装，可能会导致支护结构的不稳定，从而导致隧道的失稳和坍塌。

#### 3. 施工过程中的安全隐患

在土体固结与支护过程中，如果未能及时采取有效

的支护措施，土体可能会发生坍塌，导致工作人员和设备受到威胁，造成伤亡事故。支护结构施工不符合规范或设计不合理，可能会导致支护结构失稳，存在垮塌的危险。尤其在复杂地质条件下，支护结构的稳定性更容易受到挑战。在土体固结过程中可能释放出有害气体，如甲烷等。如果未采取适当的通风和防护措施，工作人员容易受到有害气体的危害，引发中毒或其他健康问题。在进行土体固结与支护作业时，使用的机械设备存在故障、操作不当或维护不到位等情况，可能发生意外事故，威胁到工作人员的生命安全。隧道施工现场通常处于封闭、狭窄的环境中，存在高温、高湿等恶劣工作环境，容易导致工人中暑、虚脱等情况。

#### 4. 土体固结和支护结构的计算和设计可能存在误差

土体的力学参数是土体固结计算和支护结构设计的基础，如果对土体参数的估计有误，比如土体的强度、变形模量等参数估计不准确，就会导致计算结果出现偏差。对隧道施工中各种荷载作用的估计不准确，比如车辆荷载、地下水压力等荷载参数估计有误，会导致支护结构设计不足以承受实际荷载，从而出现安全隐患。地质条件对土体固结和支护结构的影响非常重要，如果地质条件评价存在误差，比如地层情况、岩土层厚度、断裂带位置等评价有误，会导致支护结构设计不足以应对实际地质条件的影响。支护结构的设计参数选择也是一个关键环节，如果选择的参数有误，比如支护结构的材料强度、截面尺寸等参数选择不当，会导致支护结构设计不合理，无法满足实际工程需求。土体固结和支护结构的计算方法选择不当也会导致设计误差，比如使用的计算方法不适用于实际工程情况，导致计算结果与实际情况不符。

### 四、解决问题的措施

#### 1. 采用先进的土体固结技术，如注浆加固

首先，注浆加固技术可以显著提高土体的抗压强度和抗剪强度，使土体更加坚固和稳定，并降低发生坍塌或滑动的风险。这一点对于隧道施工来说尤为重要，因为隧道施工往往需要在复杂的地质条件下进行，地质灾害的发生风险相对较高。采用注浆加固技术可以有效地提高隧道支护结构的稳定性，确保隧道施工的安全性。其次，注浆加固可以加固支护结构周围的土体，提高整体的承载能力，增强支护结构的稳定性，确保隧道工程的安全性。在隧道施工中，支护结构的稳定性是非常重要的，因为支护结构的承载能力和稳定性直接决定着隧道施工的安全性和质量。第三，注浆加固技术适用于各种地质条件下的土体，包括砂岩、泥岩、粉砂岩等，具有较强的适应性和通用性。这一点也是注浆加固技术被广泛应用的原因之一，可以在不同的地质条件下实现土体的加固和固结。第四，注浆加固施工工艺相对简单，施工速度快，可以提高工程进度，缩短工期。在隧道施

工中，时间和效率都非常重要，采用注浆加固技术可以有效地提高工程的进度，缩短工期。最后，注浆加固过程中所使用的固化材料对环境影响较小，符合环保要求。这一点也非常重要，因为在现代社会，环保意识越来越强，采用符合环保要求的技术和材料可以更好地满足社会的需求和要求。在实际施工中，需要注意选择合适的注浆材料，严格控制注浆施工过程中的参数，如注浆浓度、注浆深度、注浆压力等，确保加固效果达到设计要求，并在注浆施工过程中注意安全，避免发生意外事故，保障工程人员的安全。

### 2. 合理设计土体支护结构，结合现代工程技术

在隧道施工中，合理设计土体支护结构是确保隧道工程安全和稳定的关键之一。现代工程技术为设计土体支护结构提供了更多的选择和优化方案，以下是一些结合现代工程技术的土体支护结构设计原则：现代工程技术允许设计多层次的支护结构，包括初期支护、主要支护和辅助支护等。通过不同层次的支护结构设计，可以逐步应对不同地质条件下可能出现的问题，提高整体支护效果。钢筋混凝土支护结构在隧道工程中应用广泛，具有较高的承载能力和稳定性，可以有效地保护土体不受外部力的破坏。现代工程技术可以通过优化设计和材料选用，提高钢筋混凝土支护结构的性能和耐久性。随着科技的发展，新型支护材料不断涌现，如玻璃钢复合材料、纤维增强聚合物等。这些新型支护材料具有重量轻、耐腐蚀、易施工等优点，可以在一定程度上替代传统的支护材料，提高支护结构的效果和可靠性。地铁盾构施工技术是现代隧道施工中常用的方法之一，采用盾构机施工可以减少对周围土体的干扰，同时可以直接在隧道内部进行支护结构的施工，提高施工效率和质量。现代工程技术还提供了数字化设计和监测手段，通过建立三维数字模型、实时监测系统等技术手段，可以更准确地评估土体固结与支护效果，及时调整设计方案，确保隧道工程的安全和稳定。结合现代工程技术进行土体支护结构设计可以更好地提高隧道工程的安全性和稳定性，同时也能够提高施工效率和质量，为隧道工程的顺利进行提供有力支持。

### 3. 加强施工监管，确保施工过程安全可靠

首先，制定详细的施工方案和规范是为了在隧道施工前明确施工的流程和规定，包括施工方法、材料选用、施工工艺等内容，以便作为监管的依据，确保施工按照规定进行。其次，设立专业监理团队是为了雇佣具有相关经验和专业知识的监理人员全程监督施工过程，他们负责发现并解决问题，确保施工过程的安全可靠性。实施实时监测是通过利用传感器、遥感技术等监测手段，对土体固结和支护结构进行实时监测，以及时发现问题并采取相应措施，确保施工过程的安全可靠性。

加强材料和设备监管是对施工中所使用的材料和设备进行严格监管，以确保其质量符合标准要求，并保证施工过程中的安全性。定期检查和评估是指定期对土体固结与支护结构进行检查和评估，发现问题及时处理，避免可能导致安全事故的隐患。加强施工现场管理是为了确保施工现场秩序井然，安全设施完善，施工人员遵守相关规定和操作流程，提高施工安全性。最后，加强沟通与协调是各相关方共同关注施工进度和安全情况，及时解决问题，确保施工过程的顺利进行。通过上述措施和方法的应用，可以有效加强隧道施工中土体固结与支护的监管工作，确保施工过程的安全可靠性，从而保障工程质量和工程安全。

### 4. 提升隧道施工安全可靠

在施工前期，需要进行充分的地质勘探和土体参数测试，以获取准确的地质和土体参数资料，进行合理的计算和设计。这一步骤的重要性在于为后续的施工提供可靠的数据基础。随着计算机技术的发展，有更多的计算方法和程序可供选择，可以使用这些先进的计算方法和程序，对各种因素进行全面、准确的分析和计算，以确保施工的科学性和精确性。在施工过程中，应根据实测数据及时调整计算参数，确保计算结果与实际情况相符合，从而提高施工的准确性和可靠性。在施工过程中，需要加强质量监督和管理，定期检查土体固结和支护结构的施工质量，确保施工按照设计要求进行，以保证施工的质量和安全性。施工人员的素质和技能直接影响到施工过程中的质量和安全，因此需要加强对施工人员的培训，提高其技能水平和安全意识，以确保施工的有效进行。隧道施工过程中存在很多安全隐患，需要做好安全预防工作，采取必要的安全措施，确保施工过程中不发生安全事故，以保障施工的安全性。通过上述措施的实施，可以有效地避免隧道施工中土体固结与支护中可能存在的计算和设计误差，确保施工过程的安全和可靠性。

### 结语

在隧道施工中，加强前期勘探和设计、使用先进计算方法、调整实测数据、强化质量监督和管理、加强施工人员培训以及做好安全预防工作是确保施工安全可靠性的关键措施。通过这些措施的有效实施，可以有效避免可能存在的计算和设计误差，从而保障隧道施工过程的安全和可靠性。

### 参考文献

- [1] 袁伟, 王玉刚. 超前大管棚支护技术在隧道洞口段施工中的应用研究[J]. 大众标准化, 2023(16): 135-137
- [2] 李光亮, 何纪莹. 高速公路隧道施工中的超前支护技术[J]. 工程机械与维修, 2023(3): 223-225