

# 固化土技术应用研究现状及展望

刘雪峰<sup>1</sup> 陈彦君<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 北京 100000)

(2. 四川省名扬建设工程管理有限公司 四川 成都 610017)

**【摘要】**固化土技术是一种改良土壤工程技术,可以有效提高土壤的强度和抗压能力,减少地基沉降,改善土壤的工程性能。由于固化土技术应用范围广泛,固化效果好,可以极大地减少对砂石的开采,也可以极大地减少工程废弃物的排放,以及对运输能量的消耗,这不仅可以大幅地降低工程成本,还对节能减排、保护自然环境产生了积极的影响。本文首先介绍了固化土技术的研究意义,接着对现如今固化土技术现状和影响因素进行了详细地介绍。最后文章分析了固化土技术的优势和局限性,并对其今后的发展方向进行了展望。

**【关键词】**固化土;土壤固化剂;土体固化与加固;节能减排;双碳

固化土技术是指通过添加特定的固化材料(例如水泥、石灰等)对土壤理化特性的改造,为特殊的工程需要而提供某种强度和稳定性。固化土技术是一种有效的土壤改良和治理技术,已被广泛应用于土建工程、环境治理、矿业资源开发等领域。

固化土技术的背景可追溯到上世纪50年代,当时主要应用于道路基础和机场跑道等土建工程中。随着人们对土质保护的关注和人们对环境保护的关注,土质固化技术得到了越来越多的应用。70年代初,土体固化技术被用于垃圾处理,以降低垃圾的渗出和污染,以达到环保的目的。21世纪以来,固化土技术在环保、资源化、土建工程等多个领域都得到了广泛应用和发展,成为现代工程和环保领域的重要技术之一。

在固化土技术发展的过程中,不断涌现出新的固化材料、固化剂和固化工艺等新技术,其应用领域也不断拓展和深化。同时,对固化土技术的研究也越来越深入和系统,涉及土体力学、固化材料学、环境科学等多个学科领域。固化土技术的发展与进步,将有助于解决环境污染、资源浪费、再生资源利用等问题,促进可持续发展,助力实现双碳目标。

## 一、固化土技术的研究意义和目的

### (一) 提高土体的力学性能和稳定性

从技术角度来说,土体加固就是对土体进行一定的加固处理,使土的强度、强度和密实度满足工程建设的需要。对土进行强化处理,其目的在于获得更高的强度、更好的整体性、更好的抗渗性和更

高的压缩模量。一般而言,土体固化是指采用一定的方法,将松散的土体固化成一种整体的、有一定强度的固态材料,经过固化后的土体被称作是固化土,固化土与天然土最大的不同就是其整体性和散碎性。

### (二) 解决土地污染和废弃物处理问题

固化土技术可以将有害物质固化在土体中,减少有害物质的渗漏和扩散,从而有效地解决土地污染和废弃物处理问题,有助于保护环境和人类健康。

### (三) 节约资源和降低成本

通过对工程渣土进行固化剂改性,将其制成路堤材料,既可实现工程渣土的高效资源化,又可缓解我国砂石资源紧缺的难题。并且可以就地取材,较少废土外运处置,利用原地土壤处理并提高土壤的特性,而不需增加昂贵的换土费用。

### (四) 探索新的固化材料和工艺

固化土技术的研究还可以促进新型固化材料和工艺的发展和运用,推动固化土技术不断创新和进步。

总的来说,固化土技术的研究意义和目的是多方面的,旨在提高工程的安全性、保护环境、节约资源和推动技术创新,具有重要的理论和实践价值。

## 二、固化土技术的研究现状

固化土技术是一种经过多年研究和实践应用,已相对完善的技术,但也存在一些未解决的难题。

### (一) 固化剂的选择

固化剂种类很多,如水泥、石灰、粉煤灰、矿渣、煤矸石、石膏、硅酸盐,等等。各种固化剂有不同

的适用范围和效果，需要根据具体情况选择。目前正在研究新型固化剂的开发和应用，以提高固化效果和降低成本。固化剂是固化土技术中最重要的成分，在固化效果上起着决定性的作用，目前主要包括化学固化剂和物理固化剂两类。

(1) 化学固化剂。化学固化剂包括水泥、石灰、硅酸盐等。水泥是最常用的固化剂之一，能够增加土壤的强度和耐久性，但对环境有一定污染。石灰也可用于固化土壤，但它的固化效果比水泥差。硅酸盐在固化土壤方面具有较强的效果，但由于硅酸盐的价格相对较高，因而在实际应用中不是很普及。

(2) 物理固化剂。物理固化剂主要包括铁线网、金属丝网和纤维等，其作用类似于增强材料，但也有一定的局限性。对于需要耐久性较好的固化，物理固化剂的效果相对较差。

#### (二) 混合比的确定

固化土技术中混合比的确定对固化效果影响非常大，需要根据不同地质条件和使用目的确定合理的混合比。目前正在研究基于试验和模型的混合比优化方法，以提高固化效果和降低成本。混合比是指在固化剂与土壤中按一定比例混合的配合比。不同的固化剂和土壤类型需要不同的混合比。一般来说，混合比越高，固化后的土壤强度越高，但太高的比例也会带来成本的增加和其他问题。

#### (三) 固化机理的研究

固化土技术基于化学反应或物理作用使土壤与固化剂结合形成一个整体，因此固化机理的研究对于固化效果的了解至关重要。固化机理通常分为化学作用和物理作用两种。化学作用包括钙化、铝化、硅化等反应机制，物理作用则包括固结、干燥和冷却等。

#### (四) 生态环境影响评价

固化土技术的应用会对周围环境产生影响，需要进行生态环境影响评价，确保固化处理后的土壤不会对生态环境造成负面影响。目前正在研究基于评价模型的生态环境影响评价方法。

#### (五) 施工技术和设备

固化土技术的施工过程需要科学合理的施工技术和设备来保证固化效果和施工安全。为了提高施工效率和降低施工成本，目前正进行新的设备、新的施工方式的研发。

固化土技术的研究现状主要是在混合比确定、新型固化剂开发和应用、生态环境影响评价和施工

技术和设备等方面。随着科学技术的进步，我们相信，这些问题将逐步被解决，并且固化土技术会得到更广泛的应用。

### 三、影响固化土技术的因素

(1) 土壤特性：土壤的物理、化学和力学特性对固化土技术有重要影响。例如，土壤的含水量、压实度、颗粒大小分布等因素都会影响固化剂的固化效果和优化混合比的选择。在实际应用中，对于不同类型的土壤，需要根据其特性做出相应调整以达到最佳效果。

(2) 固化剂选择：固化剂是固化土技术的核心，不同种类的固化剂具有不同的固化机制和应用范围。例如，硅酸盐类固化剂适用于弱酸性和碱性污染土地的治理，而水泥和石灰类固化剂则适用于更广泛的土壤类型。因此，在选择固化剂时需要综合考虑土壤类型、污染程度、固化效果和成本等因素。

(3) 混合比控制：混合比是固化土技术中非常重要的一环，它可以影响固化剂的使用量、反应时间和固化效果。适当调整混合比可以明显提高固化效果和降低成本。因此，混合比的确定需要进行系统的试验研究和模型优化，以达到最佳效果。

(4) 施工工艺：固化土技术的施工工艺也是影响固化效果的重要因素。例如，施工工艺的不当会导致固化剂分布不均匀，影响固化效果；施工过程中的加水量和固化剂混合速度也会影响反应时间和固化效果。因此，在施工前需要做好充分的计划和施工方案，以保证施工质量和效果。

(5) 设备选择与维护：固化土技术的设备选择和维护对施工效率和固化效果也有重要影响。例如，固化机的容量和类型需要根据固化剂选择和施工规模进行选择；固化机的维护和保养也会影响设备寿命和稳定性。因此，在固化土技术的应用中，需要根据具体情况选择合适的设备，并加强设备维护和管理。综上所述，影响固化土技术的因素有很多，需要综合考虑。在实际应用中，需要依据不同情况精准掌握这些因素，以达到最佳固化效果和经济效益。

### 四、固化土技术的优势与局限性

固化土技术是一种常用的土工加固技术，主要通过添加固化剂来提高土体的强度和稳定性，从而达到加固土体、改善地基条件、防止土壤沉降等目的。

#### (一) 固化土技术的优势

(1) 施工简便：固化土技术不需要大量的机械设备和人力，施工过程简单快捷，可以大大缩短工期。

(2) 成本低廉：固化土技术的固化剂价格相对较低，加之施工过程简单，可大大降低工程成本。

(3) 固化效果好：固化土技术可以有效提高土体的强度和稳定性，达到加固土体、改善地基条件、防止土壤沉降等目的。

(4) 环保节能：固化土技术可以将有害物质固化在土中，达到环保治理的目的，同时也可以节约能源和减少污染。

## (二) 固化土技术的局限性

(1) 固化效果受土体性质影响：固化土技术的固化效果受土体性质的影响较大，不同的土体需要选择不同的固化剂和配比才能达到最佳固化效果。

(2) 固化剂选择受限：固化土技术的固化剂种类和选择较为有限，不同的固化剂适用范围有限，需要根据实际情况进行选择。

(3) 施工现场要求高：固化土工合成工艺对施工场地有很高的要求，必须对施工场地、施工条件等方面有很好的控制，不然将会影响到固化效果。

(4) 不适用于某些场合：固化土技术不适用于某些场合，如需要保持土壤柔性时，不适合采用固化土技术。

固化土技术是一种有效的土工加固技术，具有施工简便、成本低廉、固化效果好等优点。但其固化效果受土体性质影响较大，固化剂选择受限，施工现场要求高等局限性也需要注意。

## 五、固化土技术的应用前景

固化土技术在环境保护、建筑、交通等领域具有广泛的应用前景。它可以用于土地修复、基础工程、公路工程等领域。由于固化土技术具有操作简单、成本低、可持续性强、效果稳定等优点，在未来的发展中将得到更广泛的应用。固化土技术是一种重要的土壤修复和加固治理技术，具有广泛的应用前景。

(1) 土地修复：固化土技术可以用于处理各种类型的污染土壤，如工业废弃物、矿区废弃物等。该技术能够降低土壤中有害物质的浓度，改善土壤质量，恢复土地生态功能。

(2) 建筑工程：固化土技术可以用于建筑施工中的地基加固和地面铺装。通过将固化剂与土壤混合，可以增强土壤的强度和稳定性，提高建筑物的承载力和抗震性能。

(3) 公路工程：固化土技术可以用于公路路基加固和路面铺装。通过固化处理，可以提高路基和

路面的强度和稳定性，减少路面波动和塌陷等问题。

(4) 堤坝加固：固化土技术可以用于堤坝加固。通过将固化剂与土壤混合，可以增强土体的强度和稳定性，提高堤坝的耐久性和抗震能力。

(5) 矿山治理：固化土技术可以用于矿山尾矿坝和堆场等区域的加固和修复。通过固化处理，可以降低尾矿坝和堆场的渗透系数，减少水土流失和污染风险，提高环境安全性。

固化土技术具有广泛的应用前景，可以为土地修复、建筑工程、公路工程、堤坝加固、矿山治理等领域提供重要的技术支持。随着技术的不断发展和应用的不断扩大，固化土技术的应用前景将不断拓展和深化。

## 六、结语

固化土技术是处理土体的一种行之有效的方法。根据不同的土质、固化剂、配比及固化剂的不同，可获得不同的固结效果。在此基础上，通过对固化剂及工艺条件的改进与优化，可进一步拓宽其应用范围与应用领域。固化土技术具有操作简单、成本低、可持续性强、效果稳定、绿色低碳等优点，在未来的发展中具有广泛的应用前景。

## 参考文献：

- [1] 丁毅. 固化土技术研究概况与应用实践[J]. 中国建材科技, 2009.
- [2] 张慧莉等. 土壤固化剂对砂质粉土工程性能的影响研究[N]. 灌溉排水学报, 2010.
- [3] 李兵. 土壤固化剂的作用机理及应用现状[J]. 福建建材, 2013.
- [4] 戴艳辉. 防冲刷边坡生态固化技术室内试验研究[D]. 长沙理工大学, 2012.
- [5] 廖柯. 固化土构件在护坡工程中的性能及其机理研究[J]. 水土保持通报, 2010.
- [6] 陈湘亮. 泰然酶 (TerraZyme) 固化土技术在乡村公路中的应用研究[D]. 湖南大学, 2007.
- [7] 李荣波. 固化土在城市道路基层中的应用研究[J]. 中国市政工程, 2002.
- [8] 张希黔. 现代混凝土新技术发展综述[J]. 施工技术, 2016.
- [9] 詹良通等. 城市工程渣土消纳处置及资源化利用途径探讨——以温州市为例[J]. 环境卫生工程, 2021.
- [10] 李保林等. 固体建筑涂料的研究[N]. 河北轻化工学院学报, 1993.