

旱改水施工中的高填方地基处理关键技术研究

文 / 黎森图 昭平县凤凰乡便民服务中心

摘要：旱改水施工作为一种重要的土地开发利用方式，在改善农业生产条件、提升耕地质量方面发挥了重要作用。高填方地基处理是旱改水施工中的核心技术环节，其技术选择和实施效果直接关系到工程质量和长期稳定性。本研究聚焦旱改水施工中的高填方地基处理技术，探讨预压固结、排水固结、高强加筋土、化学改良等关键技术的应用方法及其效果。通过实际案例验证，这些技术在提升地基承载力、控制沉降、改进渗透稳定性和实现经济性方面表现突出，为类似工程提供了技术支持与实践指导。

关键词：旱改水；高填方；地基处理；预压固结；排水固结

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.022

引言

旱改水工程是解决水资源高效利用、优化土地结构的重要手段，尤其在农业转型与现代化过程中具有显著作用。然而，由于施工环境多为地质条件复杂的高填方地基，如何在确保工程质量和经济效益的前提下，合理应用地基处理技术成为亟待解决的问题。近年来，预压固结、排水固结、高强加筋土及化学改良等技术在实践中得到了广泛应用，为旱改水施工的高填方地基处理提供了多样化的解决方案。本研究以技术应用为主线，结合实践案例分析技术特点和应用效果，为后续工程提供理论支持与实践经验。

一、高填方地基处理的工程特点

高填方地基处理是旱改水工程的重要技术环节，其工程特点主要体现在地质条件复杂、工程规模大、环境影响显著以及对经济性的高要求。旱改水工程中的高填方地基通常分布于软弱土层或杂填土层区域，这些土层的承载能力低、压缩性高、渗透性差，容易在施工中产生积水和沉降等问题，对工程的稳定性带来挑战，如图1所示。针对这些复杂的地质条件，施工过程中必须采用科学合理的处理方法，确保地基在高荷载条件下能够维持足够的承载力和稳定性。



图1 旱改水

同时，旱改水工程涉及大面积土地改造，填方量大、施工周期长，对施工技术和设备提出了更高要求。填筑高度往往达到数米，需要分层填筑和逐层加固，这使得施工需要专用的振动压实机和排水设备，以提高效率和质量。在施工规模扩大的背景下，如何有效协调施工进度和质量控制成为高填方地基处理中的重点问题。

施工的环境影响也是工程设计和实施中需要关注的重要方面。为了避免对区域生态平衡的破坏，施工需合理规划排水系统，防止水体污染，并注重水资源的高效管理和循环利用。在土壤处理过程中，应优先采用资源化的方式，通过土壤改良等措施减少对环境的负面影响，保证工程的可持续性。通过系统化的地基处理，不仅可以有效降低后续施工风险，还能提升工程的整体经济效益。

经济性是高填方地基处理的另一重要特性。施工方案需在满足工程技术要求的同时最大限度地优化成本。例如，合理选择材料和技术，减少不必要的开支；通过选用耐久性更强的处理方法，降低后期维护成本，从而提升整个工程的综合效益。

二、旱改水施工中的高填方地基处理关键技术

(一) 预压固结技术

预压固结技术是一种通过对地基施加荷载或负压的方法，诱发地基沉降并固结土体，以减少工后沉降和提高地基承载能力。该技术分为堆载预压和真空预压两种方式，分别适用于不同的施工场景和地基土体条件。

堆载预压技术通过在地基表面堆放砂石料等重物，模拟工程实际荷载条件，使地基在正式使用前完成沉降。施工过程中，需根据地基土体的压缩性和承载极限计算堆载高度，通常在2-4米之间，以避免过大荷载导致地基失稳。堆载物料的分布必须均匀，施工时应定期监测地基沉降量和沉降速率，确保达到设计要求后再移除堆载物料。在大面积填方区域，分区阶段堆载是常用的施工方式，有助于更好地控制施工进度和总荷载。

真空预压技术则适用于高含水量和软弱土层的地基处理。通过在地基表面铺设密封膜，并连接真空泵抽取

膜下空气，形成负压环境以加速孔隙水排出。真空预压对场地的密封性要求较高，需确保密封膜无破损，排气通道畅通。为进一步提高固结效率，真空预压常与垂直排水板结合使用，利用排水板构建快速排水通道，将孔隙水引导至地表。以下展示了堆载预压和真空预压技术在施工中的具体参数及效果，如表 1 所示：

表 1 预压固结技术施工参数与效果

方法	堆载高度 (m)	持续时间 (天)	固结深度 (m)	承载力提升 (kPa)
堆载预压	3	120	6	50 → 150
真空预压	-70kPa 负压	90	8	45 → 140

通过表中数据可以看出，预压固结技术在处理不同深度和特性的地基时具有显著效果。堆载预压适用于较浅层次地基的固结，能够有效提升承载力并控制沉降；真空预压则对高含水率软弱土层更为适用，其结合排水板的应用可以显著提高固结效率。这些技术为早改水施工中地基处理的安全性和经济性提供了可靠保障，同时也为施工方案的优化提供了重要参考。

(二) 排水固结技术

排水固结技术通过在地基中增设排水通道，降低孔隙水压力，缩短地基固结时间，同时提高土体的抗剪强度。这一技术包括垂直排水板、砂垫层和水平排水层的综合应用，各组件的布置与参数选择需根据地基条件精确设计。

垂直排水板由高渗透性材料制成，通常布置在地基土体中，间距设计为 0.8-1.5 米。排水板需插入土体至设计深度，并通过顶部与砂垫层相连接，形成贯通的排水路径。在施工过程中，需确保排水板保持垂直状态，避免因弯曲或断裂导致排水效率下降。

砂垫层的主要作用是集水并分散荷载，通常铺设在地基表面，厚度一般为 20-30 厘米。施工时，需选用中粗砂作为垫层材料，并通过振动压实机对其进行压实，以确保导水性能和结构稳定性。

水平排水层适用于大面积的软弱地基，通过在地基表面铺设碎石或粗砂材料形成连续排水通道。在施工中需确保排水层的厚度和均匀性，同时保证排水路径通畅。排水固结技术与堆载预压或真空预压结合使用，可以显著提高固结效率，并降低施工周期和成本。

(三) 高强加筋土技术

高强加筋土技术通过在填方土体中加入土工合成材料（如土工格栅、土工布等），提高地基的整体稳定性和承载能力。这种技术特别适用于深厚软弱地基和需要承受较大荷载的施工区域。

在实际施工中，加筋材料的选择需结合地基土体的性质和填方高度确定。土工格栅通常铺设在填方土的分层之间，层间间距为 1-2 米，铺设时需保持平整和张紧状态，避免出现局部堆积或褶皱。加筋材料与填方土体之间需通过机械压实形成紧密结合，从而形成抗剪能力强、稳定性高的复合地基。

高强加筋土技术在减少填方侧向变形方面表现尤为

突出。在某些特殊工程中，土工合成材料还可与排水设施结合使用，例如在地基表面铺设土工布覆盖排水板，进一步优化排水效果。

(四) 化学改良技术

化学改良技术通过向地基土中添加化学改性剂，改变土体的物理化学性质，显著提高地基的承载能力和抗渗性能。常用改性剂包括石灰、水泥、粉煤灰等，其选择和掺量需根据土体特性和工程要求确定。

施工中，改性剂需与土体充分拌和，拌和深度通常为 30-50 厘米。以高含水率的软土为例，石灰掺量一般为 3%-5%，通过其与土体颗粒之间的化学反应生成胶结物质，增强土体的强度和抗剪能力。对于要求高承载能力的地基，可选择掺入 5%-8% 的水泥，使土体形成更为致密和坚硬的结构。

完成改性剂拌和后，需通过振动压实设备对地基进行压实，以确保改良效果符合设计标准。在实际工程中，化学改良技术可与其他地基处理技术配合使用，例如在完成预压固结处理后进行化学改良，进一步优化地基性能。

化学改良技术的施工速度快、适用范围广，是解决软弱地基承载力不足和抗渗性差问题的有效手段。在某些早改水工程中，这一技术与排水固结技术联合使用，能够显著提升地基整体性能，为工程提供可靠保障。

三、早改水施工中高填方地基处理的应用效果

(一) 地基承载力的提升

在早改水施工中，提升地基承载力是确保工程稳定和安全的的基础目标。通过预压固结和强夯技术，可以有效排出地基土体的孔隙水，增强土颗粒间的接触，提高抗剪强度和承载能力。

在某市的一项黄土高填方地基处理中，采用了分层强夯技术进行施工。根据地基的湿陷性特点，施工方选用不同的强夯能级对各深度土层进行加固。在浅层区域（0-8 米），选择 8,000kN·m 的能级；在深层区域（8-12 米），则提高至 12,000kN·m。强夯完成后，监测数据显示，地基承载力由原始的 70kPa 提升至 180kPa，满足了高填方施工的荷载需求。此外，土体的孔隙率降低了 30% 以上，干密度显著提高，8-12 米深度范围内的湿陷性土层特性已消除，地基的整体性能得到显著改善。

另一个案例来自某农业开发项目。项目地基为软黏土层，初始承载力仅为 45kPa，难以满足施工要求。施

工方采用真空预压技术,结合垂直排水板布置加快地基固结。在地基表面铺设密封膜后,通过负压 -70kPa 的真空泵操作,形成持续的负压环境,排出地基内的孔隙水。真空预压的均匀性保证了地基土体的稳定性,同时结合排水板有效缩短了固结周期。经过8个月处理,地基承载力提升至 145kPa ,为后续施工提供了稳定可靠的基础条件。

(二) 沉降控制效果显著

高填方地基的沉降问题如果得不到有效控制,将直接影响工程结构的使用性能和安全性。预压固结和强夯技术通过加速沉降进程、均匀沉降速率,可以在施工阶段解决大部分沉降问题。

在某旱改水项目中,施工区域地基填土高度为8米,且面积广达12公顷。该项目采用堆载预压技术进行处理,每层堆载高度为1.5米,分四层完成,总荷载量达到设计值后保持一段时间以诱发沉降。在整个堆载期间,施工团队对地基沉降量进行实时监测,发现沉降速率随着堆载高度的增加逐步减缓。最终累计沉降量由预计的 450mm 减少至实际的 320mm ,且沉降分布均匀,大大降低了不均匀沉降对地基的影响。

此外,在某工业园区场地平整工程中,针对填土厚度达20米的区域,施工方采用了超高能级强夯技术。通过 $25,000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的夯击能,对填土进行深层加固。施工后监测数据显示,地基工后沉降量小于设计值的85%,有效避免了不均匀沉降对地基稳定性的影响。夯后标准贯入试验表明,土层密实度提高了2倍以上,整体沉降速率更加均匀。

(三) 渗透稳定性的改进

渗透稳定性是高填方地基处理中至关重要的指标,直接关系到地基的长期稳定性和抗侵蚀能力。在黄土地区,土体原有的渗透性较差,极易因水流侵蚀而失稳。通过化学改良和排水固结技术的结合应用,可以显著提升地基的抗渗性能。

在某水利改造工程中,地基土层的原始渗透系数为 $1\times 10^{-6}\text{cm/s}$,孔隙水排出困难,影响了地基的固结效果。施工方采用垂直排水板与水平排水层组合的方式优化排水通道。垂直排水板以1.2米的间距布置,通过砂垫层与水平排水层形成完整的排水网络。在整个施工周期内,地基孔隙水压力显著下降,土体渗透系数提高至 $1\times 10^{-4}\text{cm/s}$,满足了工程的排水需求。同时,优化的排水系统有效缓解了施工期间的渗透压力,为地基稳定提供了保障。

在某市另一项目中,为了提高地基的抗渗能力,施工方采用了4%的石灰和3%的水泥掺量进行化学改良。施工区域的土体均匀拌和改良后,经过振动压实形成致密的结构。处理后,土体渗透系数从 $1\times 10^{-5}\text{cm/s}$ 降低至 $1\times 10^{-7}\text{cm/s}$,抗渗性能提高了一个数量级。这一改良措施不仅改善了地基的抗渗能力,还增强了其整体稳定性和抗剪强度。

(四) 施工经济性与环境友好性的增强

高填方地基处理技术的经济性和环境效益在实际工程中体现得尤为明显。通过优化技术组合,施工方能够有效控制成本,同时减少对自然环境的负面影响。在某大型旱改水项目中,施工面积达96万平方米。通过采用强夯和排水固结技术相结合的方式,施工周期从计划的12个月缩短至8个月,节约了近20%的人工和设备成本。施工中还使用再生骨料作为填料,减少了原材料采购费用,实现了资源的循环利用。

在环境保护方面,某生态农业项目选用环保型改性剂进行化学改良,对土体进行改性后进行植被修复,增强了地基的生态功能。处理后的区域种植了水生植被,不仅改善了土壤结构,还促进了水循环系统的恢复。这一绿色施工模式为其他旱改水工程提供了参考,展示了经济与环保相结合的高效施工路径。

结语

旱改水施工中的高填方地基处理技术是保障工程稳定性与安全性的的重要手段,其科学应用不仅解决了地基承载力不足、沉降控制和渗透稳定性等技术难题,还兼顾了施工的经济性与环境友好性。通过多样化技术的结合运用,优化施工流程,进一步提升了工程质量和效率。这些技术的成功实践表明,因地制宜地选择处理方法,是实现旱改水工程高质量建设的关键,同时也为未来类似工程的可持续发展提供了技术支持与借鉴经验。

参考文献

- [1] 陈敏,禹龙. 贵州喀斯特山区“旱改水”土地整治项目建设探析[J]. 四川农业与农机,2024,(03):19-21.
- [2] 吴丹丹. 耕地提质改造(旱改水)项目工程规划及设计要点探析[J]. 资源与人居环境,2023,(02):50-58.
- [3] 钟笑. 阜新市彰武县满堂红镇和大冷镇旱改水项目水土流失分析与预测[J]. 陕西水利,2021,(05):154-156.
- [4] 关于巴彦县提内河松花江水创新“旱改水”模式的调研报告[J]. 奋斗,2017,(22):37-39.
- [5] 石钊,金原子. 千亩旱地变水田农民心里倍儿甜——广西宾阳县实施耕地提质改造(旱改水)工程见闻[J]. 南方国土资源,2015,(09):10-11.
- [6] 刘浩. 浅谈旱改水存在的问题及对策——以重庆市黔江区阿蓬江镇漠河村为例[J]. 科学咨询(科技·管理),2014,(12):9.
- [7] 袁鹏丽,覃佳宇,周雨茜,等. 旱改水型耕地红壤团聚体稳定性及影响因素研究[J/OL]. 华中农业大学学报,1-11[2025-01-10].
- [8] 朱伟. 罗城县“旱改水”模式下的全域土地综合整治项目技术与效益分析[J]. 南方农业,2024,18(11):212-215.