

淤地坝工程中固结排水基础处理的优化设计与实践

赵芳荣

(固原市水利勘测设计院有限公司, 宁夏 固原 756000)

摘要 淤地坝是一种广泛应用于水利、农业及城市建设的坝体结构, 通常建造在软土或淤泥层上, 本文介绍了固结排水基础处理技术在张撒中型淤地坝工程中的应用。张撒中型淤地坝位于黄土丘陵区, 面临复杂的地质和气候条件, 年降水量集中且土壤渗透性差。通过采用深井排水系统、重力排水层和预压排水法等技术, 加速土体中的孔隙水排出, 提高土体的固结速度和承载能力。深井排水系统通过合理设计钻孔深度和间距, 实现高效排水。重力排水层通过铺设高渗透性材料, 促进水分排出, 减少土体沉降。预压排水法结合预加载荷, 显著提高基础稳定性。优化设计和施工质量控制确保了坝体的安全和长期稳定运行, 有效防止了水土流失和洪涝灾害的影响。

关键词 淤地坝; 固结排水基础处理; 基础稳定性

中图分类号: TV64

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0106-03

1 淤地坝工程概述

1.1 淤地坝的定义与特点

淤地坝是一种主要用于水利工程中的坝体结构, 通常建造在河流冲积平原或低洼地区, 用于拦截和储存水资源。它的主要特点包括:

1. 土质基础: 淤地坝的建设应选择适合的土质材料。由于淤泥通常不具备足够的承载力和稳定性, 因此不应将其作为坝体的主要材料。在设计和施工过程中, 应采用具有较高强度和稳定性的土壤或其他材料, 以确保坝体的长期安全和功能。通过精心选择材料和设计, 可以提高坝体的耐久性和抵抗自然灾害的能力。

2. 沉降性: 由于淤地坝主要建在沉积土壤上, 这些土壤在长期荷载作用下会发生固结沉降。淤地坝的设计必须考虑到这种沉降效应, 以防止坝体的变形或破坏。

3. 固结排水处理: 为了提高坝体的稳定性, 常常需要采取固结排水基础处理技术, 如排水井、深层搅拌桩等, 以加快土体的固结过程, 减少沉降, 增强坝体的稳定性^[1]。

4. 环保性: 淤地坝在建设过程中, 通常会尽量减少对环境的影响, 并在工程完成后, 利用其储水功能改善生态环境和水资源管理。

淤地坝的这些特点使其在特定的地质和环境条件下具有独特的应用价值, 但也对设计与施工提出了更高的要求。

1.2 张撒中型淤地坝工程

张撒中型淤地坝工程位于西吉县震湖乡张撒村, 属葫芦河流域滥泥河右岸支沟上。坝址以上流域面积 3.6 km^2 。该流域属黄土丘陵区, 地势由西南向东北倾斜, 海拔高程 $1504 \sim 2148 \text{ m}$ 之间。坝址所在流域属于大陆性气候带边缘, 为中温带半干旱地区。年平均气温为 $5.3 \text{ }^\circ\text{C}$, 最热7月份, 平均气温 $17.8 \text{ }^\circ\text{C}$, 最冷元月份, 平均气温 $-9.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 。年平均无霜期125天左右; 多年平均风速为 2.2 m/s , 年最大风速为 15.5 m/s 。该流域内多年平均降水量 400.0 mm , 降水量年内分配不均, 主要集中在 $6 \sim 9$ 月, 占全年总降水量的 70.8% 。

滥泥河流域面积 879 km^2 , 河长 57.6 km , 该流域气候干燥, 属半干旱区大陆性季风气候, 多年平均气温 $5.2 \text{ }^\circ\text{C}$, 无霜期150天, 该区夏季多东南风, 冬季多西北风, 多年平均风速为 2.2 m/s , 年最大风速为 15.5 m/s 。干旱、冻、雹、涝等自然灾害频繁。降水偏少, 且多以暴雨形式出现, 降水主要集中在 $6 \sim 9$ 月, 占年降水量的 70% 左右。

1.3 淤地坝建设中的主要问题与挑战

淤地坝建设中的主要问题之一是基础处理的复杂性。淤地坝通常不推荐建设在软土或淤泥层上, 因为这些材料的承载能力和稳定性较差, 可能会导致坝体的不安全。正确的做法是选择承载力和稳定性较高的土质材料作为坝基, 并进行适当的地基处理, 以确保坝体的稳定性和安全性。软土的固结和排水性较差,

使得基础处理变得复杂且成本较高。常见的处理方法包括固结排水基础处理、深层搅拌等,但这些方法在实际应用中常面临施工难度大、时间周期长等挑战,需要进行精细的设计和监测,以确保基础处理的有效性和坝体的稳定性。

另一个主要问题是坝体安全的长期监测与维护。淤地坝的稳定性不仅取决于建设阶段的设计和施工质量,还受到后期环境变化的影响,如水位波动、降雨量变化等。长期的沉降和变形可能导致坝体的变形、裂缝等问题,从而影响其防洪和蓄水功能。因此,必须建立完善的监测系统,实时跟踪坝体和基础的状态,并采取适当的维护措施,确保淤地坝在使用过程中的安全性和有效性。

2 固结排水基础处理技术

2.1 固结排水基础处理技术概述

固结排水基础处理技术是一种用于改善土体工程性质的基础处理方法,通过加速土体的固结过程以提高其承载力和稳定性。这种技术主要利用排水措施和预加载荷的结合,促使土体中的孔隙水迅速排出,从而加快土体的固结速度。常见的固结排水基础处理方法包括深井排水系统、重力排水层和预压排水法等。通过实施这些技术,可以有效减少土体的沉降和变形,提高基础的安全性和使用寿命,特别适用于处理软土、淤泥质土层等不利土质条件^[2]。

2.2 基础处理的基本原理与方法

基础处理的基本原理是通过各种工程技术手段改善土体的力学性能和稳定性,从而提高其承载能力和使用性能。这些方法通常涉及对土体进行物理、化学或机械处理,以解决土体固结性差、承载力不足、沉降过大等问题。常见的基础处理方法包括换填法、夯实法、加固桩法和固结排水法等。通过这些方法,可以有效地提高土体的密实度、减少土体的沉降、增强土体的抗剪强度,确保工程基础的安全和稳定。选择适当的基础处理方法需根据具体的土质条件、工程要求以及经济效益进行综合考虑。

2.3 固结排水基础处理技术的应用现状

固结排水基础处理技术在现代工程建设中得到了广泛应用,特别是在如张撇中型淤地坝工程这样地质和气候条件复杂的区域。这项技术通过在土体中设置排水设施,加速土体中的孔隙水排出,从而促进土体固结,提高其承载力和稳定性。当前,固结排水技术不仅被应用于大坝、堤防和高速公路等基础设施项目中,还在城市建设和土地改良中发挥了重要作用。随

着技术的不断进步,结合该区域的降水特点(降水集中于6月至9月)以及温度变化,可以进一步优化排水设计,确保工程的长期安全和有效性。现代监测技术的引入也有助于实时评估施工效果和及时调整施工方案,从而提高整体工程质量。

3 淤地坝工程中固结排水基础处理的优化设计

3.1 深井排水系统

深井排水系统是一种通过在坝体基础下设置深井排水孔来加速土体固结的工程措施。该系统主要包括钻孔、排水管安装以及排水孔的后续维护。钻孔深度一般需达到基础土层的底部,以确保排水效果的全面性。排水管材通常选择具有高耐腐蚀性和强度的材料,如PVC或铝合金,确保长期稳定性。该系统在设计时需要考虑土层的渗透性和固结特性,以确定合理的孔距和布置方式,从而实现最佳的排水效果^[3]。

在施工过程中,深井排水系统的钻孔深度和间距需要根据现场土质条件进行调整。孔的深度应足够以穿透软土层,而间距则应根据土层的排水需求和地质条件确定。排水管的安装需保证与周围土层的良好接触,以提高排水效率。为了避免排水管在施工过程中受到损坏,通常会采取保护措施。施工结束后,需要对排水系统进行试运行,并监测其排水效果,以确保系统运行正常。

张撇中型淤地坝位于黄土丘陵区,这一地区的地质条件包括厚厚的软土和淤泥层,容易导致不均匀沉降。深井排水系统通过在坝体基础下设置深井排水孔,能有效地加速地下水的排出,减少孔隙水压力,从而促进土体的快速固结。在实际施工中,深井排水系统的设计需要充分考虑坝址的具体地质条件和水文特性。例如,张撇坝址的降水主要集中在6月至9月,占全年总降水量的70.8%。因此,深井排水孔的布置需考虑季节性降水对地下水位的影响,确保系统在高降水期能有效运作。钻孔深度一般需要达到基础土层的底部,以确保充分的排水效果,同时,合理布置孔距和管道材质以抵御腐蚀并确保系统的长期稳定性。

3.2 重力排水层

重力排水层是一种有效的基础处理技术,通过在坝体基础土层中设置具有高渗透性的排水材料来提高土体的固结速度。这种技术通常使用碎石、砾石等排水材料,在基础土层中铺设一个厚度适中的排水层,以便快速排出基础土层中的多余水分。排水层的设置可以有效地减少土体的孔隙水压力,从而加快基础土体的固结过程,提高坝体的稳定性和承载能力。

该方法在施工过程中相对简单,且对大多数常规工程条件具有较好的适应性。通常,重力排水层的厚度设计为0.5 m到1.0 m,具体厚度取决于基础土层的特性和排水需求。施工时,需要确保排水层均匀铺设在基础土层上,并与基础土层良好接触,以实现有效的排水效果。此方法的实施周期较短,且成本相对较低,是一种经济实用的基础处理方案^[4]。

在张撇中型淤地坝工程中,重力排水层被应用于坝体基础处理,以增强土体的固结速度和稳定性。由于坝址位于黄土丘陵区,土壤具有较低的渗透性和较高的孔隙水压力,因此采用重力排水层可有效地促进地下水排出。施工时,在坝体基础土层中铺设一层厚度适中的碎石或砾石,以便快速排除多余水分。重力排水层的厚度通常设计为0.5 m至1.0 m,根据张撇坝址的具体土质条件和排水需求进行调整。通过减少土体中的孔隙水压力,重力排水层不仅提高了土体的固结速度,也增强了坝体的承载能力和抗变形能力,确保了张撇中型淤地坝在复杂地质条件下的稳定运行。

3.3 预压排水法

预压排水法是一种提高土体固结速度的有效基础处理技术,通过施加预加载荷并结合排水措施,促使土体尽快排出孔隙水,从而加快固结过程。这一方法通常包括在基础土体上施加额外的荷载(预压),以模拟工程荷载条件,同时在土体中设置排水设施,如排水管或排水层,以促进孔隙水的排出。预压荷载使土体孔隙水压力增加,从而促使土体固结更快,最终提高土体的承载能力和稳定性^[5]。

在实施预压排水法时,常常需要结合现场具体的土质和工程需求进行精细设计。预压荷载的大小和持续时间需要根据土体的固结特性和工程设计要求来确定,通常需要通过工程试验和计算来优化荷载施加方案。此外,排水系统的设计也要充分考虑土体的排水需求,以确保预压过程中孔隙水能够及时排出。预压排水法在处理软土或淤泥质土层时尤为有效,能够显著提高基础的稳定性和承载力。

在张撇中型淤地坝工程中,预压排水法被应用于坝体基础处理,以加速土体的固结过程并提高其稳定性。由于坝址所在区域土质为软土,容易导致地基沉降,预压排水法通过在土体上施加临时的预加载荷,结合排水措施,迫使土体中的孔隙水迅速排出,从而加快固结进程。在施工中,工程团队根据张撇坝址的土质特性,合理设计预压荷载的大小和持续时间,确保预压的效果达到预期。此外,设置的排水设施如排水管或排水层,确保在预压过程中有效排除孔隙水。

通过这一方法,不仅显著提高了坝体基础的承载能力,还有效减少了沉降变形,保证了张撇中型淤地坝的安全性和长期稳定性。

4 实施效果与优化建议

实施固结排水基础处理技术后,通常能显著提高土体的承载力和稳定性。然而,实际操作中可能出现排水系统设计不当、施工质量问题等情况,这可能会影响处理效果。张撇中型淤地坝为防止以上情况做出了应对,张撇中型淤地坝防洪标准为50年一遇,可削洪调沙,有效防止沟道下切、扩张,稳定沟坡,减轻水土流失;减小洪涝灾害给农业生产造成的损失和对人民群众的生命财产带来的威胁。

为优化固结排水基础处理技术的效果,应在设计阶段充分考虑土体的特性与工程需求。比如,在深井排水系统的设计中,需根据土体的渗透性和固结特性来确定合理的孔距和布置方式。而在实施过程中,建议加强对施工质量的控制,避免对土体造成过大的扰动。同时,合理选择排水材料和排水设施,以提高排水效率和稳定性,是优化设计效果的关键^[6]。

5 结束语

淤地坝作为一种重要的水利工程结构,在复杂地质条件下的应用显示了其独特的工程价值。为了确保坝体的稳定性,通常需要在承载力和稳定性较高的地质条件下进行建设,并采用有效的固结排水基础处理技术。通过深井排水系统、重力排水层和预压排水法等技术,可以显著提升土体的固结速度和承载能力,从而提高坝体的整体安全性和使用寿命。

参考文献:

- [1] 杜强.BIM在淤地坝除险加固工程设计中的应用[J].山西水土保持科技,2024(01):54-56.
- [2] 陈江明.甘肃黄土高原典型小流域淤地坝工程水资源可利用量估算[J].青海科技,2023,30(06):163-172.
- [3] 吴冠宇,惠波,李长保,等.新时期陕西省黄土高原地区淤地坝工程建设管理实践与思考[J].中国水土保持,2024(01):23-26.
- [4] 秦爱芳,许薇芳,李天义.考虑井阻及涂抹作用的非饱和土竖井地基固结解析解[J].工程地质学报,2021(01):10-11.
- [5] 张海丘,高广运,雷丹.考虑3种非线性关系的径向排水固结解析解[J].工程地质学报,2015(04):231-232.
- [6] 张明,王威,赵有明,等.吹填淤泥自重固结方程的有限差分分解[J].北京工业大学学报,2012(09):89-90.