

水利工程渠道防渗设计的探究

郭 斌

五家渠农六师勘测设计研究有限责任公司 新疆 五家渠 831300

摘 要：水利工程渠道防渗设计对于提升水资源利用效率、保障工程稳定性和延长使用寿命具有重要意义。本文深入探究了水利工程渠道防渗设计的基本原理与关键要素，包括科学规划、材料选择、施工技术等方面。通过对防渗材料的性能分析、施工方法的优缺点比较以及实际工程案例的研究，本文旨在提供一套全面而有效的防渗设计方案，以期在水利工程领域的渠道防渗实践提供理论参考和实践指导，确保水资源的高效利用与工程的长期安全运行。

关键词：水利工程；渠道防渗；设计

引言：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其渠道防渗设计直接关系到水资源的有效利用和工程的长久安全。随着社会对水资源需求的日益增长，以及生态环境保护意识的不断提高，水利工程渠道防渗设计的重要性愈发凸显。本文旨在通过对水利工程渠道防渗设计的全面探究，分析防渗设计的必要性、原则及主要方法，并结合实际案例总结经验教训，以期在相关领域的工程师和研究人员提供理论依据和实践指导，推动水利工程渠道防渗技术的不断进步与发展。

1 水利工程渠道防渗设计的重要性

1.1 渗漏对水利工程的危害

渗漏是水利工程渠道常见的问题之一，它对工程结构和周边生态环境造成了显著的危害。（1）渗漏导致的工程结构损坏：长期的水渗漏会导致渠道基础土壤松动，甚至引发渠道边坡的滑塌，严重影响渠道的结构稳定性和运行安全。此外，渗漏还会加速混凝土或砌石等渠道材料的腐蚀和老化，缩短工程的使用寿命。（2）水资源浪费与生态环境影响：渗漏不仅导致了宝贵水资源的浪费，还可能对周边生态环境造成不可逆转的影响。渗漏水可能渗入地下，改变地下水位，影响地下水资源的平衡，进而对依赖地下水资源的植物和动物群落造成威胁。同时，渗漏还可能携带渠道中的污染物进入地下水系统，对水质造成污染。

1.2 防渗设计在水利工程中的作用

鉴于渗漏对水利工程的危害，防渗设计显得尤为重要。（1）延长工程使用寿命：通过科学合理的防渗设计，可以有效减少渠道的渗漏问题，保护渠道基础土壤和结构材料，从而延长工程的使用寿命。（2）提高水资源利用效率：防渗设计能够确保渠道在输送水资源过程中的高效性，减少水资源在输送过程中的损失，提高水资源的利用效率。（3）保护周边生态环境：防渗设计不

仅有助于保持地下水位的稳定，还能减少污染物通过渗漏进入地下水系统的风险，从而保护周边的生态环境，维护生态平衡^[1]。

2 水利工程渠道防渗设计的原则

2.1 科学施工设计与规划

科学的施工设计与规划是水利工程渠道防渗设计的基础。（1）深入勘察施工现场情况：这是确保设计方案切实可行的第一步。勘察内容包括但不限于地质条件、水文环境、气候特征、土壤类型等。通过详细的地质勘探和现场调查，设计师能够准确了解渠道的地质背景，识别潜在的地质灾害风险，如滑坡、泥石流等，为设计提供准确的数据支持。（2）综合分析技术难度与国内外相关经验：在了解现场情况的基础上，设计师还需综合考虑现有技术手段能否满足设计需求，同时借鉴国内外类似工程的成功案例和先进技术，确保设计方案既先进又实用。通过技术交流与国际合作，可以引入更高效的防渗材料和施工技术，提升工程质量和效率。

2.2 渠道设计科学性

渠道的设计需严格遵循科学性原则，确保工程结构稳定、水流顺畅。（1）严格遵守相关规定：渠道设计应遵循国家及地方关于水利工程建设的相关法律法规、行业标准和设计规范，确保设计方案的合法性和合规性。这包括渠道横断面尺寸、纵坡设计、材料选用等方面的具体规定。（2）结合施工目标与要求对渠道进行综合设计：在遵循规范的基础上，设计应紧密围绕施工目标和实际需求进行，包括渠道的输水能力、防渗性能、抗冲刷能力等。通过综合考虑渠道的功能定位、运行环境和使用年限，设计出既能满足当前需求又具有一定前瞻性的渠道结构^[2]。

2.3 因地制宜、因时制宜

在渠道防渗设计中，因地制宜、因时制宜的原则尤

为重要。这要求设计师不仅要深入了解当地自然环境和社会经济条件,还要根据季节变化和特定时期的水文条件灵活调整设计方案。例如,在雨季频发地区,应加强渠道的排水设施,防止雨水倒灌;在干旱少雨区域,则需注重节水灌溉技术的应用,提高水资源利用效率。同时,鼓励使用当地丰富且经济的材料,减少运输成本,促进当地经济发展。

2.4 技术性与经济性综合考虑

在追求技术先进性的同时,经济性同样不可忽视。

(1) 结合施工现场条件对施工方案进行论证:通过对多种施工方案的技术可行性和经济合理性进行比较分析,选择最优方案。这包括施工方法的选择、材料采购策略、施工周期安排等,力求在保证工程质量的前提下,降低成本,提高效率。(2) 确保对生态环境的保护与服务工农业生产的需求:在设计和施工过程中,应注重生态保护,避免对周边自然环境造成不可逆的破坏。同时,渠道防渗设计应充分考虑其对农业灌溉、工业用水等方面的服务作用,确保水利工程与工农业生产需求相协调,促进经济社会可持续发展。

3 水利工程渠道防渗设计的主要方法

3.1 沥青防渗施工技术

(1) 沥青混凝土法、埋藏式沥青薄膜法、沥青席法的原理与应用。沥青混凝土法是将沥青与矿质集料按一定比例配合,经加热拌和后,摊铺、压实形成防渗层。其原理在于沥青的黏结性和防水性,能有效阻止水分渗透,常用于大型渠道、水库等重要部位的防渗处理。埋藏式沥青薄膜法是在渠基表面铺设沥青薄膜,再覆盖保护层,利用沥青薄膜的致密性阻隔水分,适用于中小型渠道的防渗。沥青席法则是将沥青浸渍的纤维织物铺设在渠道表面,施工便捷,可用于临时性或小型渠道的防渗工程^[3]。(2) 各种方法的优缺点及适用场景。沥青混凝土法的优点是防渗性能好、强度高、耐久性强;缺点是施工工艺复杂,对温度要求高,成本较高。适用于对防渗要求高、运行年限长的大型水利工程。埋藏式沥青薄膜法优点是施工简单、成本较低;缺点是薄膜易受外力破坏,耐久性相对较差。适用于小型渠道和临时性防渗工程。沥青席法优点是施工速度快、操作简便;缺点是防渗效果和耐久性有限,一般用于临时性渠道或对防渗要求不高的工程。

3.2 混凝土防渗施工技术

(1) 混凝土材料的选择与配比。混凝土材料选择时,水泥应优先选用强度等级合适、水化热低的品种,以减少裂缝产生。骨料的级配要合理,细骨料宜采用中

砂,粗骨料粒径根据渠道断面尺寸确定,确保混凝土的和易性和密实性。水灰比是影响混凝土防渗性能的关键因素,应严格控制在合理范围内,一般根据工程要求和材料特性通过试验确定。同时,可适当添加减水剂、引气剂等外加剂,改善混凝土的工作性能和抗渗性能。

(2) 施工技术要点与注意事项。施工时,模板安装要牢固、平整,保证混凝土浇筑后的尺寸精度。混凝土浇筑应连续进行,避免出现冷缝,振捣要密实,防止蜂窝、麻面等缺陷。浇筑完成后,要及时进行养护,可采用洒水、覆盖塑料薄膜等方式,养护时间不少于规定天数,以保证混凝土强度增长和抗渗性能的形成。此外,要注意温度控制,避免因温度变化过大导致混凝土开裂。

3.3 膜料防渗技术

(1) 膜料材料的选择与性能分析。常用的膜料有聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)等。聚乙烯膜具有化学稳定性好、抗老化能力强、柔韧性好等优点,适用于不同地形条件的渠道防渗。聚氯乙烯膜的拉伸强度高、防渗性能优异,但耐候性相对较差。选择膜料时,需根据工程环境、使用年限、预算等因素综合考虑,确保膜料的性能满足防渗要求。(2) 膜料防渗的施工方法与优缺点。施工方法主要包括膜料铺设、拼接和锚固。铺设时要保证膜料平整,避免褶皱和破损;拼接可采用热焊、黏结等方式,确保拼接处的密封性;锚固是将膜料固定在渠基上,防止膜料移位。膜料防渗的优点是防渗性能卓越、施工简便、成本较低;缺点是膜料易受尖锐物刺穿,抗外力破坏能力较弱,且在阳光下易老化,需要覆盖保护层^[4]。

3.4 砌石防渗施工技术

(1) 干砌与浆砌的原理与应用。干砌石是利用石块之间的相互嵌挤和摩擦力保持稳定,形成防渗结构,适用于流速较小、防渗要求不太高的渠道。浆砌石则是用砂浆将石块砌筑成整体,通过砂浆的黏结和填充作用提高防渗性能,常用于流速较大、防渗要求较高的渠道。

(2) 施工过程与质量控制。干砌石施工时,石块要选择质地坚硬、形状规则的,砌筑应错缝搭接,保证砌体的稳定性。浆砌石施工要严格控制砂浆配合比,确保砂浆强度符合要求。砌筑过程中,要保证灰缝饱满,避免出现通缝、空缝。施工完成后,要对砌体进行养护,防止砂浆干裂,影响防渗效果。

3.5 土料防渗施工技术

(1) 土料的选择与处理。应选择黏粒含量较高、透水性小的土料,如黏土、粉质黏土等。土料在使用前需进行处理,包括破碎、过筛,去除杂质和大颗粒,调整

土料的含水量至最优含水量，以保证土料的压实效果。

(2) 施工方法与耐久性评估。施工时，采用分层铺筑、分层压实的方法，每层厚度不宜过大，压实度要达到设计要求。土料防渗的耐久性评估主要考虑土料的抗冲刷能力、抗冻融性能和抗风化能力等。通过现场试验和长期监测，判断土料防渗结构的耐久性是否满足工程使用年限要求。

4 水利工程渠道防渗设计的实践应用

4.1 工程案例分析

4.1.1 选取具体的水利工程渠道防渗设计案例进行分析

以西北某大型灌区总干渠防渗工程为例，该渠道全长35公里，承担着区域内农田灌溉和生态补水的重要任务。原渠道为土质结构，渗漏严重，水资源浪费率高达40%，且渠坡易坍塌，严重影响输水安全。

针对此情况，设计团队结合当地气候干旱、昼夜温差大的特点，采用混凝土衬砌与复合土工膜相结合的防渗方案。在混凝土材料选择上，使用抗冻性好的硅酸盐水泥，添加引气剂提高混凝土抗冻融性能，并严格控制水灰比和骨料级配；复合土工膜选用两布一膜结构，聚乙烯膜厚度达0.5mm，具有良好的防渗性和抗拉强度。施工时，先铺设复合土工膜，再浇筑混凝土，通过锚固沟将膜料固定在渠基上，确保防渗系统的整体性。

4.1.2 探讨设计方案的实施效果与经验教训

该防渗方案实施后，渠道渗漏量显著降低，水资源利用率提升至85%以上，有效保障了下游农田灌溉和生态用水需求。混凝土衬砌增强了渠坡稳定性，减少了坍塌事故的发生；复合土工膜良好的防渗性能，防止了水分下渗对渠基的破坏。

但在实践中也暴露出一些问题。一是混凝土浇筑时，因夏季高温导致部分混凝土表面出现干缩裂缝，虽及时采取洒水养护和覆盖遮阳网措施，但仍造成一定返工；二是复合土工膜与混凝土结合部位，因施工细节把控不足，出现局部密封不严的情况。由此总结出，施工过程中需严格把控温度条件，合理安排浇筑时间，加强对关键部位施工质量监督与检查。

4.2 防渗设计与施工中的注意事项

4.2.1 处理施工间断与工程建筑变形问题的方法

施工间断易形成施工缝，成为渗漏隐患。为解决这

一问题，在施工间断时，应在已浇筑混凝土表面凿毛，清理干净后，铺设一层水泥砂浆，再继续浇筑混凝土，增强新旧混凝土的结合力。对于工程建筑变形问题，可设置伸缩缝，缝内填充弹性止水材料，如橡胶止水带、聚硫密封胶等，允许结构在一定范围内变形，同时保证防渗效果。此外，在设计阶段，需根据工程地质条件和荷载情况，合理预估变形量，优化结构设计。

4.2.2 应对冻胀因素与化学因素影响的策略

在寒冷地区，冻胀是影响渠道防渗结构稳定性的重要因素。可采取换填法，将渠基冻胀性土料换填为非冻胀性材料，如砂砾石；设置保温层，在防渗层表面铺设聚苯乙烯泡沫板等保温材料，降低土壤温度，减少冻胀力。同时，合理设计排水系统，及时排除渠道周边积水，避免土壤含水量过高加剧冻胀。

对于化学因素的影响，如渠道内水体的酸碱腐蚀，在材料选择上，优先使用抗化学腐蚀性能好的材料，如耐腐蚀混凝土、HDPE土工膜等。在混凝土中添加抗硫酸盐水泥或耐腐蚀外加剂，提高混凝土的抗化学侵蚀能力。此外，定期对渠道防渗结构进行检测，及时发现并处理因化学侵蚀导致的损坏问题。

结束语

综上所述，水利工程渠道防渗设计是一项复杂而重要的任务，它直接关系到水资源的有效管理和工程的长期稳定运行。通过深入研究和实践，我们取得了许多宝贵的经验和教训。未来，我们应继续加强防渗材料与技术的研发，不断优化设计方案，提高施工质量和效率。同时，还应注重生态环境的保护，实现水利工程与自然的和谐共生。相信在大家的共同努力下，水利工程渠道防渗设计将迎来更加广阔的发展前景，为水资源管理做出更大贡献。

参考文献

- [1]岳川.小型农田水利工程设计中存在的问题及其对策探讨[J].南方农业,2021,(17):209-210.
- [2]张鑫.解析水利工程渠道防渗的意义及防渗技术措施[J].中华建设,2020,(06):54-55.
- [3]陈国栋.水利工程渠道防渗的意义与防渗技术[J].居舍,2021,(10):103-104.
- [4]王荣荣.水利工程渠道防渗的意义及防渗技术措施探讨[J].农业开发与装备,2022,(09):122-123.