

# 水利水电工程的防渗渠道施工技术研究

张景超

河北省水务中心, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**随着水利基础设施建设的不断推进, 渠道工程在水资源管理中的作用愈发重要。在一些地区, 尤其是地质条件复杂或施工管理薄弱的区域, 渗漏问题依然显得尤为突出。针对这些不同的工程需求, 土工合成材料、混凝土、黏土与砂砾料等防渗技术已被广泛采用, 其中, 复合防渗技术因其综合优势, 已被确立为一种有效的解决方案。通过深入分析防渗渠道的施工技术及工艺控制, 可以明确不同防渗措施的适用条件与关键环节, 从而有效提升工程质量, 提高水资源的利用效率。

**[关键词]**水利水电工程; 防渗技术; 渠道施工

DOI: 10.33142/aem.v7i3.15961

中图分类号: TV146.1

文献标识码: A

## Research on the Construction Technology of Anti-seepage Channels in Water Conservancy and Hydropower Projects

ZHANG Jingchao

Hebei Provincial Water Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the continuous advancement of water conservancy infrastructure construction, the role of channel engineering in water resource management has become increasingly important. In some areas, especially those with complex geological conditions or weak construction management, leakage problems still appear particularly prominent. In response to these different engineering requirements, anti-seepage technologies such as geosynthetic materials, concrete, clay and gravel materials have been widely adopted. Among them, composite anti-seepage technology has been established as an effective solution due to its comprehensive advantages. Through in-depth analysis of the construction technology and process control of anti-seepage channels, the applicable conditions and key links of different anti-seepage measures can be clarified, which effectively improving the quality of the project and enhancing the utilization efficiency of water resources.

**Keywords:** water conservancy and hydropower projects; anti-seepage technology; channel construction

### 引言

水利水电工程在农业灌溉、城市供水及水资源调控中的作用至关重要。作为水流输送的关键构筑物, 渠道的防渗性能直接关系到工程的运行效率与安全性。由于复杂的地质条件以及施工质量不达标等问题, 渠道渗漏现象在许多工程中较为普遍, 导致了水资源的浪费和潜在的工程隐患。因此, 深入分析了渠道渗漏的主要类型、成因及影响因素, 并探讨了土工合成材料、混凝土、黏土和砂砾料等防渗技术的应用特点及施工要点。

### 1 水利水电工程中渠道渗漏的原因分析

#### 1.1 地质与水文条件的影响

在水利水电工程中, 渠道的渗漏风险受地质与水文条件的显著影响。地质条件决定了渠道基底与边坡的稳固性。透水性较强的砂土、粉质土及淤泥等地层, 在水流作用下, 渗漏容易形成。如果岩层中存在裂隙或溶洞, 渗漏的风险尤为突出, 地下水便会沿这些隐蔽通道迅速渗透, 从而进一步削弱结构的完整性。水文条件同样在渗漏的发生与发展中扮演着关键角色, 地下水位较高时渗透压力增加, 水流易通过基底或边坡进入, 破坏防渗层的密实性。相反, 当地下水位较低时, 渗透梯度会增大, 这也可能导致渗漏

现象的加剧。季节性降雨及河流水位的波动所带来的水压力变化, 使防渗结构持续承受水力作用, 进一步提升渗漏风险。特殊地质条件往往会加剧渗漏隐患。在软土或膨胀土地区, 土体在吸水后膨胀, 失水后收缩, 这可能导致防渗层开裂或产生位移。在岩溶地区, 暗河、溶洞等地下渗流网络的存在, 使得防渗处理的难度显著增加。局部渗漏不仅会削弱地基的承载力, 还可能引发沉降, 加速结构的损坏, 从而形成渗漏与地基破坏的恶性循环。为了有效控制渗漏风险, 在工程实施前, 必须进行详尽的地质勘察与水文分析。依据不同的条件, 合理选择防渗材料, 优化渠道断面设计, 并采取必要的地基加固措施, 均是保障工程质量的重要步骤。通过科学的施工与管理, 防渗结构的耐久性与安全性得以提升, 确保了工程的稳定运行。

#### 1.2 施工质量与工艺缺陷

在农田水利工程中, 渠道渗漏是较为普遍的现象, 施工不当往往成为其主要诱因。防渗材料的质量和配比对渠道的抗渗性能起着决定性作用。若土料、混凝土或混浆砌石的性能指标未达到工程标准, 或材料配比存在误差, 就会形成渗漏隐患。以土料为例, 含水量过高或过低均会影响夯实时密实度, 导致渗漏通道的形成。混凝土浇筑若

不均匀或出现离析现象,硬化后可能产生孔隙或裂缝,进一步削弱防渗层的完整性。而混浆砌石中,砂浆搅拌时间不足或稠度不当,同样会降低结构的抗渗能力。施工工艺的缺陷也显著影响渠道的防渗效果,混凝土浇筑过程中,如果无法确保连续作业,拼接缝易成为渗漏水流的通道。混浆砌石施工中,砂浆渗水处理不当或砌石缝隙填充不密实,则进一步加剧渗漏风险。基础处理不彻底、分层夯实不到位等问题,均可能削弱防渗层的有效性。施工人员的操作不规范使这些隐患愈加显著,尤其是忽视防渗层施工的关键环节时,渗漏的概率随之增加。环境管理上的疏漏也是造成渗漏的潜在因素,若施工现场未及时清理,土料中掺杂草根、树皮等杂质,不仅影响材料密实度,还可能在渠道投入使用后形成新的渗漏路径。混凝土浇筑阶段,温度和湿度的控制同样至关重要,若未能确保适宜的环境条件,混凝土的凝固质量会显著下降,从而削弱抗渗性能。管理体系的缺位进一步放大了施工中的渗漏风险。缺乏完善的施工计划、科学的工艺流程和有效的质量监控,使施工人员在操作中容易出现纰漏。即便问题在早期暴露,若缺乏及时发现和整改的机制,隐患将在渠道运行后逐步显现。此外,自然因素也可能对工程造成不利影响。恶劣天气、地震或泥石流等灾害,不仅可能直接破坏施工中的防渗层,还会加剧后期渗漏的风险。严格的材料检测、规范的工艺实施、有效的施工管理和实时的质量监测,是确保渠道长期防渗性能的核心保障。

## 2 防渗渠道施工的关键技术

### 2.1 土工合成材料防渗技术

在水利水电工程中,土工合成材料防渗技术因施工简便、材料轻盈且成本适中已被广泛应用,这些技术主要包括土工膜、土工布、复合土工膜以及膨润土防水毯等材料,它们凭借优异的抗渗性能与较高的抗拉强度,有效抑制水分渗漏。在实际工程中,土工膜常作为渠道底部与侧壁的防渗衬砌使用。由于其出色的密闭性与柔韧性,土工膜能够适应地基的不均匀沉降和形变,从而降低因结构变形而引发的渗漏风险。复合土工膜结合了土工布与土工膜的优势,除了具备卓越的防渗效果外,还能够提供排水功能,进一步增强工程的稳定性。对于地质条件复杂或渗漏隐患较大的区域,膨润土防水毯因其遇水膨胀的特性形成自愈型防渗层,成为一种可靠的选择。土工合成材料的防渗效能直接受到铺设质量的影响,铺设时应确保材料平整,没有褶皱或撕裂,且接缝处的焊接或黏接需牢固可靠。为了延长材料的使用寿命,并防止紫外线辐射及机械损伤造成的老化失效,通常会在材料表面增加保护层,如混凝土板或砂砾石层。同时,基层的处理也至关重要,应在铺设前进行夯实,并清除尖锐物体,以确保材料能够紧密贴合并避免穿刺破坏。

### 2.2 混凝土防渗技术

混凝土防渗技术在水利水电工程中得到了广泛应用,

凭借其卓越的结构强度、耐久性及抗渗性能,能够有效阻挡水分的渗透,这项技术通过在渠道底部及侧壁浇筑防渗混凝土衬砌层,从而构建起坚固的防水屏障。混凝土的抗渗性主要依赖于其配合比、施工工艺以及后期的养护质量。在混凝土配合比的设计上,通常采用低水灰比的方案,并结合高品质的减水剂,来降低混凝土的孔隙率,从而增强其抗渗能力。此外,加入膨胀剂或防水剂可进一步提高混凝土的密实性及抗渗性能。面对特殊的地质条件或工程需求时,钢筋混凝土或纤维增强混凝土往往会被选用,以增强其抗裂性能及整体结构的稳定性。施工阶段的质量控制至关重要,从模板搭设到混凝土的浇筑与振捣,每一道工序都需要严格把控,确保施工精度。在浇筑过程中应采取分层浇筑的方式,避免一次性浇筑过厚而导致混凝土内部产生空洞或裂缝。振捣时,应保持均匀且适度,以有效排除混凝土中的气泡,从而确保结构的致密性。在渠道的转角或变形缝等薄弱区域,防水材料如止水带或止水条需特别加强使用,以进一步提升防渗效果。混凝土浇筑后的养护同样至关重要,通过及时覆盖保湿及定期洒水养护,能够有效防止表面开裂,确保混凝土强度的持续增长以及抗渗性能的稳定。在温差较大或应力集中的区域,设置膨胀缝或施工缝可有效避免由于温度变化或地基沉降所引发的结构开裂。

### 2.3 复合防渗技术

复合防渗技术通过结合多种材料与施工工艺,旨在提供更高效、持久的防渗效果。在水利水电工程中,由于地质条件、气候变化及施工环境的差异,单一防渗措施常常难以应对复杂的防渗需求。为克服这一挑战,复合防渗技术应运而生,通过将多种防渗材料层叠使用,最大化地发挥各材料的优势,最终实现理想的防渗效果。常见的复合防渗技术包括土工合成材料与黏土层、混凝土与土工膜等的组合。在这些复合方案中,土工合成材料如土工布、土工膜与土工格栅等,主要用于增强土壤的防渗能力。土工膜因其卓越的密封性,有效阻止水分渗透;而土工布则能够均匀分布水压力,防止水流过度集中并引发局部渗漏。当这些材料与传统的黏土或砂砾层结合时,不仅能够保持黏土层的防渗功能,还能增强结构的整体稳定性。在实际施工中,复合防渗技术的应用需精确的设计与施工控制。以混凝土防渗层与土工膜结合为例,要求两者接缝紧密无缝隙,以避免接缝不紧导致渗漏问题的发生。在铺设土工布与土工膜时,应确保材料平整且无褶皱,避免破损,确保防渗系统的完整性。每层材料的选择与铺设必须根据地质条件与水流特性进行优化配置,从而实现最佳的防渗效果。复合防渗技术的优势不仅体现在卓越的防渗性能,还包括其对复杂环境的适应性及可持续性,通过多层复合结构,可以有效弥补单一材料在防渗过程中的不足,提升防渗系统的耐久性与抗渗能力,特别是在长期水压或恶劣气

条件下,复合防渗技术的稳定性尤为突出。这项技术不仅能显著降低渗漏风险,还为水利水电工程的安全运行提供了可靠保障,有助于实现更加高效的水资源管理。

### 3 防渗渠道施工流程与工艺控制

#### 3.1 施工前的准备工作

施工前的准备工作对于防渗渠道的顺利施工及后期质量的保障至关重要。在这一阶段,施工现场的全面勘察与测量是关键,包括对土壤、水文及地质条件的详细了解,该过程的核心目标是确保设计方案与实际环境条件的匹配,避免施工过程中出现意外问题。特别需要关注地下水位、土壤的渗透性与稳定性,以及潜在的风险因素,如滑坡或土壤沉降,确保防渗层能够有效应对这些挑战。在材料方面,施工前所有材料的采购与验收工作必须完成,并确保其符合设计标准与质量要求。例如,防渗材料如土工膜、混凝土、黏土等需经过严格的质量检测,确保无任何缺陷<sup>[1]</sup>。此外,这些材料的储存也应采取适当措施,以防受潮、变质或损坏,从而保证其在施工时的性能不受影响。所有参与施工的人员需掌握防渗施工的工艺流程、质量控制标准及安全操作规程。对于技术难点或特殊工艺,应开展专项培训,确保每项操作都符合规范,从而有效减少人为失误与工艺缺陷的发生。现场杂物的提前清理、安全围挡与警示标志的合理设置,以及对施工区域湿度与温度的调控,都有助于创造有利的作业条件,减少不利环境因素对施工质量的影响。这些准备工作为防渗渠道施工的顺利进行奠定了坚实的基础,有助于确保工程的质量与进度。

#### 3.2 渠道开挖与基底处理

渠道开挖与基底处理是防渗渠道施工中的关键环节,其质量直接决定了防渗层的稳定性和防水效果。在这一阶段,精确的放线和测量至关重要,确保开挖的深度、宽度及坡度符合设计 requirements 是首要任务。开挖过程中,应避免土方过度扰动或不均匀挖掘,从而避免对后续防渗层施工造成不良影响。开挖完成后,基底处理尤为重要<sup>[2]</sup>。防渗效果直接受到基底土壤的密实性与稳定性的影响,因此,必须通过充分夯实确保基底达到设计要求。夯实过程应当分层进行,确保每一层都达到所需的密实度。对于松软且渗透性较强的土壤,可能需要使用固化剂或其他混合材料进行改良,以增强其承载力和防渗性能。基底处理的另一个重要环节是排水系统的完善以及不良土层的清除。若在开挖过程中发现不稳定的土层或积水问题,应及时清理并设置临时排水设施,避免积水影响施工进度与质量。在清理基底后,还需进行施工区域的平整,确保防渗材料能够平稳铺设,避免因不平整导致的破损或渗漏。在基底处理阶段,细节的严格把控至关重要,每一项工作都需要确保

高质量完成,以为后续防渗措施的实施提供坚实的基础。

#### 3.3 防渗层施工工艺

防渗层的施工是确保渠道防渗性能的关键步骤。根据设计要求必须选择适当的防渗材料,如土工膜、混凝土或黏土,并确保所用材料符合质量标准。在施工过程中,防渗层的铺设厚度及施工精度必须严格控制,以确保材料均匀、密实地覆盖在渠道底部和侧壁,从而避免任何可能导致渗漏的问题。在铺设土工膜之前,基底的清理工作是必不可少的,必须确保基底平整且没有尖锐物体存在。铺设过程中,应特别注意避免膜材产生褶皱或空隙,同时,在接缝处应采用热熔焊接或机械搭接,以防止漏水现象的发生。对于混凝土防渗层,合理的配比必须得到保证,浇筑过程中应保持均匀,并通过振捣消除气泡,确保其密实性与抗渗能力。对于黏土防渗层,适宜的含水量需要得到控制,并应分层夯实,确保每一层间的密实度<sup>[3]</sup>。施工过程中应避免恶劣天气,尤其是雨雪天气,以免影响材料的固化过程。在整个施工过程中,质量管控至关重要,必须严格按照设计标准执行,从而确保防渗层的长期防渗效果得以实现。

### 4 结语

防渗渠道施工技术在水利水电工程中的作用至关重要,其直接影响着工程的安全性和使用寿命。通过精确选择适当的防渗材料、严格执行施工工艺以及实施高效的质量控制措施,渠道渗漏的风险可以显著降低,从而确保水资源得到有效利用。结合土工合成材料、混凝土、黏土、砂砾料以及复合防渗技术的综合应用,切实可行的解决方案能够为不同地质条件和水文特征下的防渗工程提供支持。在此基础上,科学的施工管理与全过程的监控在保障防渗层施工质量方面发挥着决定性作用。展望未来,技术创新与工程实践的结合必须持续推动,不断优化防渗技术,以进一步提升水利水电工程的整体效益和可持续发展能力。

#### [参考文献]

- [1] 韩子昌. 水利水电工程的防渗渠道施工技术研究[J]. 水上安全, 2024(15): 182-184.
  - [2] 乔云贵. 水利水电工程防渗施工技术分析[J]. 水上安全, 2024(5): 169-171.
  - [3] 胡卫中, 肖明, 牟君之. 研究水利水电工程防渗施工技术的要点[J]. 水上安全, 2023(12): 79-81.
- 作者简介: 张景超(1985.2—), 男, 毕业院校: 河北工程大学, 大学本科, 所学专业: 水利水电工程, 当前工作单位: 河北省水务中心, 职务: 副处长, 职称级别: 高级工程师。