

水利工程堤防防渗施工技术研究

杨定林

南通通源建设监理有限公司 江苏 南通 226600

摘要：堤防防渗是保障水利工程安全稳定运行的核心环节。灌浆防渗技术通过填充孔隙提升密实度，防渗墙施工形成连续阻水屏障，土工膜防渗利用高分子材料阻隔渗水，排水减压技术降低渗透压力，多种技术协同作用显著增强堤防防渗能力。从原材料、施工工艺、人员素质到质量检测的全方位控制，为工程质量提供坚实保障，对延长工程寿命、减少安全隐患、提升经济效益具有重要意义。

关键词：水利工程；堤防防渗；施工技术

引言

随着水利工程规模与重要性不断提升，堤防防渗问题成为工程安全的关键制约因素。渗漏不仅会导致水资源浪费，更可能引发管涌、滑坡等险情，威胁工程结构安全。深入研究堤防防渗施工技术与质量控制策略迫在眉睫。本文聚焦灌浆防渗、防渗墙施工等主流技术，系统分析其原理与应用要点，并结合原材料、工艺、人员等多维度质量控制措施，旨在为水利工程堤防防渗施工提供科学理论与实践指导，提升工程建设质量与运行安全性。

1 水利工程堤防防渗施工的重要性

水利工程堤防作为抵御洪水侵袭、保障周边区域安全的关键屏障，其防渗性能直接关系到工程整体功能的发挥与使用寿命。在水利工程运行过程中，水流对堤防的渗透作用持续存在，一旦防渗施工不到位，渗流会逐渐侵蚀堤防内部结构，削弱土体强度，导致堤身稳定性下降，进而引发管涌、流土等严重险情。这些险情若未得到有效控制，极有可能在洪水等极端工况下造成堤防溃决，给下游地区带来灾难性后果，不仅威胁人民生命财产安全，还会破坏生态环境和基础设施。高质量的堤防防渗施工能够显著提升水利工程的安全性和可靠性。通过科学合理地选择防渗材料与施工工艺，在堤防内部或迎水面构建起有效的防渗体系，可大幅降低渗透系数，减少渗流量，阻止水流对堤身土体的侵蚀。例如，采用土工膜防渗技术，能够形成连续、致密的防渗层，有效阻隔水分渗透；水泥土搅拌桩防渗墙则可通过深层搅拌，将软土与水泥等固化剂充分混合，形成强度高、防渗性能好的墙体结构。这些防渗措施不仅能增强堤防的抗渗能力，还能在一定程度上提高堤防的整体强度和稳定性，确保堤防在高水位、强水流等复杂工况下安全运行。良好的防渗施工对水利工程的经济效益和社会效

益具有重要意义。从经济效益来看，减少渗漏意味着水资源的有效利用，避免因渗漏造成的水量损失，保障灌溉、供水等功能的正常发挥。有效控制渗流还能降低堤防维护成本，减少因渗漏引发的抢险、加固等费用支出。从社会效益角度，稳固的防渗堤防为周边区域的生产生活提供了坚实保障，有助于维持区域经济发展和社会稳定，为居民营造安全、宜居的环境，促进区域可持续发展。

2 水利工程堤防防渗施工技术

2.1 灌浆防渗技术

灌浆防渗技术是通过钻孔将浆液注入堤基或堤身的孔隙、裂缝等缺陷部位，经凝结硬化后形成防渗帷幕，以提高土体的密实度和抗渗性。在实施该技术时，首先要依据工程地质条件和防渗要求，精准确定钻孔的位置、深度及间距。例如，在砂土地层中，钻孔间距可适当缩小，以保证浆液能有效填充孔隙；在粘性土地层，钻孔间距则可相对大些。钻孔完成后，开始制备浆液。常见的浆液有水泥浆、水泥砂浆、化学浆等。水泥浆因其成本低、强度高、耐久性好，在一般工程中应用广泛；对于细微裂缝或对防渗有特殊要求的部位，化学浆则更为适用，因其能更好地渗透到微小孔隙中。制备浆液时，需严格控制配合比，确保浆液的流动性、凝结时间等性能符合设计要求。利用灌浆泵将浆液以一定压力注入钻孔内，压力的控制极为关键，压力过小，浆液无法充分扩散；压力过大，则可能导致土体劈裂，影响工程质量。在灌浆过程中，还需密切监测灌浆量、压力变化等参数，根据实际情况适时调整灌浆工艺。灌浆防渗技术能有效改善堤基和堤身的防渗性能，广泛应用于各类水利工程的堤防防渗处理，尤其适用于地基透水性较强、存在较多裂缝或孔隙的情况^[1]。

2.2 防渗墙施工技术

防渗墙施工技术是在堤基中构筑一道连续的垂直防渗墙体,来截断渗流通道。依据施工工艺和墙体材料的不同,可分为混凝土防渗墙、塑性混凝土防渗墙、水泥土搅拌桩防渗墙、高压喷射防渗墙等。混凝土防渗墙采用专用设备成槽,然后浇筑混凝土形成墙体,其具有强度高、防渗效果好、耐久性强的特点,适用于深厚覆盖层地基和高水头的水利工程。施工时,成槽精度的控制至关重要,需采用先进的成槽设备和测量仪器,确保槽壁垂直、平整,槽段之间的连接紧密。塑性混凝土防渗墙则以塑性混凝土为墙体材料,其弹性模量较低,能更好地适应地基变形,常用于软土地基的防渗处理。水泥土搅拌桩防渗墙通过深层搅拌桩机将水泥浆与土体强制搅拌混合,形成具有一定强度和防渗性能的桩体,桩体相互搭接组成防渗墙。该技术施工简便、成本较低,适用于浅层地基防渗。高压喷射防渗墙利用高压喷射设备,将水泥浆等材料喷射到土体中,使土体与浆液混合凝固成墙,能适应多种复杂地质条件,可根据工程需求灵活调整喷射参数,精确控制墙体的厚度和深度。

2.3 土工膜防渗技术

土工膜防渗技术是利用土工膜的不透水性,在堤身或堤基表面铺设土工膜,形成连续的防渗层。土工膜主要由聚乙烯、聚氯乙烯等高分子材料制成,具有质量轻、延展性强、耐腐蚀、抗渗性能优异等特点。在铺设土工膜前,需对基层进行处理,清除基层表面的杂物、尖锐石块等,确保基层平整、压实度达标。对于凹凸不平的区域,要用级配砂进行找平,基层的坡度要合理设置,以利于排水。土工膜的铺设通常采用“之”字形铺设方式,预留一定的伸缩余量,以应对温度变化引起的膜体变形。铺设方向应与最大受力方向一致,接缝要错开相邻层一定距离,避免集中受力。人工配合机械展开土工膜,过程中要避免拖拉造成膜体破损。土工膜的焊接是施工的关键环节,可采用热熔焊接或挤压焊接等方法。热熔焊接时,要精确控制双轨焊机的温度、行走速度,确保焊缝牢固、密封良好;挤压焊接常用于复杂部位的修补,焊条材质需与母材一致。焊接前,必须清洁接缝处,雨后施工要彻底除湿。对于穿膜管道等节点部位,需采用专门的密封措施,如不锈钢箍加橡胶垫片密封,并外涂聚硫密封胶,以保证整个防渗系统的密封性^[1]。

2.4 排水减压技术

排水减压技术旨在降低堤坝地基内的渗透水压力,防止土壤渗透变形,增强地基稳定性。常见的排水减压设施有减压井、排水棱体、水平排水垫层等。减压井通常设置在堤背水侧、坝下游土基内。施工时,先在堤、

坝下游坡脚外按设计深度打出井孔,然后在井内安装滤管,并在滤管与井壁间填入砂砾料反滤层。其工作原理是将渗入井内的水通过滤管和反滤层排出,避免水流带出细沙,堵塞管壁,从而减小堤坝地基内的渗透水压力。减压井的井距一般根据工程实际情况确定,通常为15-30m或更小,建成后还需依据运行期间的实际观测资料进行必要的补井调整。排水棱体一般设置在堤坝下游坡脚处,由堆石或砌石等透水性材料组成。它能将坝体和坝基内的渗水排出,降低坝体浸润线,防止坝坡因渗水而产生滑坡等险情。水平排水垫层则铺设在坝基表面,由砂、砾石等透水材料构成,可将坝基内的渗水横向排出,减小渗透水压力,提高地基的承载能力。排水减压技术在基础为表层透水性弱而下层透水性强的双层或多层结构土体的水利工程中应用广泛,能有效保障堤坝的安全稳定运行。

3 水利工程堤防防渗施工质量控制

3.1 原材料质量控制

(1) 在水利工程堤防防渗施工中,原材料质量是决定防渗效果的基础要素。以土工膜为例,需严格把控其物理力学性能,包括拉伸强度、断裂伸长率、抗穿刺能力等指标,确保其能在复杂的水利环境中承受水流冲刷与土体挤压。不同规格的土工膜适用于不同工况,选择时应依据工程实际需求确定厚度、幅宽及材质,同时对生产厂家的生产工艺、质量管控流程进行评估,从源头上保障材料质量。(2) 水泥作为重要胶凝材料,其强度等级、凝结时间、安定性等性能直接影响防渗墙、灌浆等施工质量。应优先选用品质稳定、强度富余系数高的水泥,在运输和储存过程中,采取防潮、防雨措施,防止水泥受潮结块降低性能。对于进场水泥,按批次进行抽样检验,确保其符合设计及施工要求。(3) 砂石骨料的级配、含泥量、坚固性等指标对混凝土和砂浆的防渗性能影响显著。合理的骨料级配能减少孔隙率,提升密实度;含泥量过高会削弱骨料与水泥的粘结力,降低强度和抗渗性。需对骨料进行严格筛选和清洗,必要时进行二次加工,同时加强运输过程中的管理,避免混入杂质,保证骨料质量满足防渗施工标准。

3.2 施工工艺控制

(1) 堤防防渗施工工艺的科学性与规范性直接关系到防渗效果的持久性。以高压喷射灌浆工艺为例,施工前需开展大量现场试验,依据不同地质条件、工程要求等,精确定合理的喷射压力、提升速度、浆液配比等关键参数。在喷射过程中,严格把控喷射管垂直度,实时监测调整,确保形成的防渗墙厚度均匀、连续,避免

因参数控制不当出现墙体薄弱部位，影响防渗性能。

(2) 防渗墙施工中，成槽精度和清孔质量是关键环节。施工中采用先进的成槽设备，其性能优良、操作精准，再结合高精度的测量技术，对槽段的平面位置、垂直度和深度进行严格把控，确保各项指标符合要求。成槽完成后，迅速开展清孔作业，有效清除槽底沉渣和孔壁泥皮，降低沉渣厚度，进而提高混凝土与基岩的结合强度，保证防渗墙的整体防渗效果。(3) 对于土工膜铺设施工，需根据地形地貌和水流方向合理规划铺设路径，避免出现褶皱、破损。铺设过程中，采用焊接或粘接方式连接土工膜，严格控制焊接温度、速度和压力，确保接缝强度不低于母材强度，同时对连接部位进行充气检测或剥离试验，保证接缝的密封性和可靠性，防止出现渗漏通道^[3]。

3.3 人员素质控制

(1) 施工人员的专业技能水平是保障堤防防渗施工质量的核心要素。参与防渗施工的技术人员需熟练掌握各类施工工艺的操作要点，如灌浆施工中能准确控制浆液浓度、灌浆压力和灌浆量，根据地质条件调整施工参数，确保灌浆密实度和防渗效果。具备对施工过程中常见问题的分析和处理能力，及时解决突发状况，保障施工顺利进行。(2) 操作人员的责任心和质量意识对施工质量起着决定性作用。在土工膜焊接、混凝土浇筑等关键工序中，操作人员需严格按照操作规程作业，认真检查每一个环节，不放过任何细微瑕疵。例如，在混凝土浇筑时，严格控制浇筑速度、高度和振捣时间，避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷，确保混凝土结构的密实性和防渗性。(3) 施工团队的协作能力同样不可或缺。防渗施工涉及多个工种和工序的配合，如测量人员与施工人员的协同作业，材料供应人员与施工进度的匹配等。只有各岗位人员密切配合、相互协调，才能保证施工流程顺畅，提高施工效率和质量，避免因沟通不畅或协作不当导致质量问题的出现。

3.4 质量检测与验收控制

(1) 质量检测是发现和解决堤防防渗施工质量问题的的重要手段。在施工过程中，采用多种检测方法对防渗

工程进行实时监测。对于灌浆工程，通过压水试验检测灌浆效果，测定地层的渗透系数，判断灌浆是否达到设计要求的防渗标准；对土工膜防渗工程，采用无损检测技术，如电法探测、探地雷达等，检测土工膜的完整性和接缝质量，及时发现潜在的渗漏隐患。(2) 抽样检测在质量控制中具有重要意义。按照相关标准和规范，对原材料、中间产品和成品进行合理抽样检验。例如，对进场的水泥、砂石骨料按批次进行物理力学性能检测，对混凝土和砂浆试块进行强度和抗渗性能试验，通过对样本的检测分析，推断整体工程质量状况，确保工程质量符合设计要求。(3) 验收控制是保障堤防防渗工程质量的最后一道防线。在工程完工后，组织专业人员依据设计文件、施工规范和质量验收标准，对防渗工程进行全面验收。检查工程外观质量，如防渗墙表面平整度、有无裂缝等；复核工程实体质量检测数据，验证防渗性能是否达标；审查施工过程资料，确保施工过程符合规范要求。只有通过严格的验收，才能判定工程质量合格，交付使用^[4]。

结语

综上所述，水利工程堤防防渗施工技术的合理应用与严格质量控制是确保工程安全的关键。灌浆防渗、防渗墙施工等技术各有优势，需结合工程实际灵活选用。通过原材料、施工工艺等多环节质量把控，可有效提升防渗效果。未来，应持续关注新材料、新技术的研发与应用，加强施工过程智能化监测，进一步优化堤防防渗施工体系，为水利工程长期稳定运行筑牢安全防线。

参考文献

- [1] 聂士刚. 水利工程堤防防渗施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(8): 112-113.
- [2] 袁尹. 水利工程堤防防渗施工技术研究[J]. 建材与装饰, 2021, 17(2): 291-292.
- [3] 李秀远. 水利工程堤防防渗施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(3): 96-97.
- [4] 王海英. 水利工程堤防防渗施工技术研究[J]. 城镇建设, 2020(6): 224.