

# 水利施工中的堤坝建设与加固技术研究

董开慧 章健豪

南京明瑞建设集团有限公司，江苏南京，210000；

**摘要：**我国幅员辽阔，水力资源丰富，水利工程在防洪灌溉、水资源调配等方面发挥着不可替代的经济社会效益，是保障人民生命财产安全的重要基础设施。在我国已建成的各类水库大坝中，土石坝占比超过 90%，但经过长期运行，受施工质量、自然环境、后期维护等多重因素影响，堤坝渗漏、变形等病害问题日益突出，成为威胁水利工程安全稳定运行的关键隐患。

**关键词：**水利施工；堤坝建设；加固技术；防渗处理；质量控制

**DOI：**10.69979/3060-8767.26.01.047

## 引言

自改革开放以来，我国的经济建设速度越来越快，为了进一步解决工业与农业等用水难的问题，我国陆续修建了一大批水利工程。尤其是在近些年来，伴随着科学技术水平的逐渐提高，在水利工程建设技术与设备等层面都有了不同程度的突破。这也为民生建设带来了极大便利。

## 1 水利施工中堤坝建设的核心要求与常见质量隐患

### 1.1 堤坝建设的核心技术要求

堤坝修筑的系统性突出、工序琐碎且施工场景特殊，核心技术要求贯穿整个进程，设计阶段要以充分的地质勘察数据作依托，统筹水文情形、地形特征及气象要素，保障方案可抵御水流冲刷、地基下沉等风险，开展基础建设施工时，地基压实应均匀紧实，杜绝后期不均匀下陷；填料压实的环境温度应保持在 10℃ 及以上，不然会对压实效果产生影响。结构建造应挑选合格材料，严格把控填料的颗粒级配情况，防止出现未碾碎土块及高铝杂质，维护坝身密实度与整体性；接头处应依照设计准则开展施工，减小分层渗漏发生的风险，与此同时保证混凝土防渗墙浇筑、土工膜铺设和坝体施工实现紧密衔接，保证防渗体系完整且有效<sup>[1]</sup>。

### 1.2 堤坝建设中的常见质量隐患

实际工程施工里依旧存在众多质量隐患：部分施工人员专业能力欠佳，未充分掌握施工规范，违规作业的情况屡有出现，并且部分单位依旧采用传统技术，对先进工艺与材料的应用不予重视，施工设备的选型缺乏合理性，诸如碾压机之类的设备压实效果未能达标，而且

缺乏定期检修，频繁出现故障进而影响施工质量。砂石颗粒的级配不合理或者含有易被侵蚀的杂质，长时间受水流的冲刷会使结构抗剪强度下降，加剧冲刷程度甚至造成坝体局部毁坏，堤坝建设所处的施工环境繁杂，要是是对水文地质的动态变化掌握不够，很容易造成施工质量和设计预期出现偏差，留下渗漏隐患。

## 2 堤坝渗漏的成因深度解析

### 2.1 人为因素主导的施工质量缺陷

人为条件是堤坝渗漏的关键起因，部分施工人员的专业知识与操作技能存在欠缺，施工期间存在违规操作，例如坝基夯实未达彻底、防渗墙浇筑呈现蜂窝麻面等，造成堤坝结构存在先天性缺陷，部分企业用人体系不合理、岗位培训机制匮乏，不易吸引高质量人才，施工团队整体技术水准难以契合工程需求，施工方案欠缺精准针对性，未充分贴合施工现场水文地质特征，流程与工艺参数的规划缺乏合理性，进一步催生质量缺陷，诱发渗漏<sup>[2]</sup>。

### 2.2 设备与材料引发的渗漏隐患

施工设备的选型与维护失当会直接对施工质量产生影响，倘若碾压机、钻孔机等设备功率或者精度欠缺，会造成填料压实度、钻孔间距达不到要求，堤坝结构的密实程度不足，加大渗漏几率；部分设备未进行定期维护，长时间高负荷运转造成零部件磨损加剧，施工时易出现故障，影响施工连贯性与质量可靠性。

施工材料质量不符合标准会直接减弱堤坝抗渗能力，堤坝基础的砂石材料抵御侵蚀的能力欠佳，长时间受水流冲刷会造成结构整体稳定性降低；填料中混入未粉碎土块、杂物或颗粒级配不恰当，会在坝体内部产生渗透通道；混凝土防渗墙采用的水泥强度等级未达标或

外加剂掺入量有误,极易产生裂缝与孔隙,失去阻挡水体侵入的能力。

### 2.3 设计与环境条件的客观影响

设计方案的科学性直接关乎堤坝稳定性。若设计未严格依据地质勘察数据,对地形地貌、水文条件等稳定性影响因素考量不全,或未结合现场实际情况,易导致方案存在缺陷。例如,基础夯实的碾压参数不明确会引发堤坝不均匀沉降,接头部位设计标准模糊会增加结构分层渗漏概率。

施工与运行环境的客观条件也会诱发渗漏。堤坝施工多在水环境中开展,当填料压实周边环境温度低于 $10^{\circ}\text{C}$ 时,填料凝结效果差、密实度不足。运行过程中,坝体底部长期水下、上下主体温湿度差异显著,会升高结构变形率,破坏内部平衡;坝基长期受水流冲刷,可能出现下滑塌陷,进一步加剧渗漏问题。

### 2.4 后期维护缺失的持续危害

后期维护缺失会使前期微小质量隐患在自然侵蚀与运行负荷作用下逐步扩大,最终发展为严重渗漏。部分堤坝采用承包制进行后期维护,相关企业责任意识薄弱,未定期对堤坝开展全面检查,也未及时修复裂缝、局部侵蚀等问题。此外,部分维护单位缺乏专业监测设备与技术人员,无法精准检测堤坝渗流状况与微量变形,难以提前预判渗漏风险,错失最佳加固时机,导致渗漏问题持续恶化。

## 3 水利施工中堤坝加固核心技术应用

### 3.1 灌浆防渗技术的实践应用

灌浆防渗技术通过向堤坝裂缝、孔隙压注特定浆液,凝固后形成连续防渗体,阻断水流渗透路径,提升抗渗性能,依适用场景主要分为劈裂式灌浆与高压注浆两类。

劈裂式灌浆适用于坝身渗漏治理,核心是借浆液压力沿坝身轴线劈裂形成连续浆脉,凝固后构成防水帷幕。施工采用直线钻孔方式,钻孔深度按堤坝高度精准设定,确保覆盖渗漏区域;施工前需调整泥浆稠度,严格控制灌浆量,警惕串浆现象并及时封堵,可有效填充裂缝孔隙,提升坝体整体性与抗渗性。

高压注浆聚焦坝基渗漏加固,通过大型钻孔机在坝基钻孔,将高强度等级水泥浆或掺加防水材料的复合浆液高压压入透水地层,凝固后封堵水流通道。施工中钻孔间距控制在 $2\text{m}$ ,压力严格维持 $0.15\text{MPa}$ ,注浆后用黄泥浆液封堵孔洞;需先精准定位渗漏部位,再施工倾斜孔槽,待孔槽内浆液无气泡均匀溢出时停止灌浆,保

障加固效果<sup>[3]</sup>。

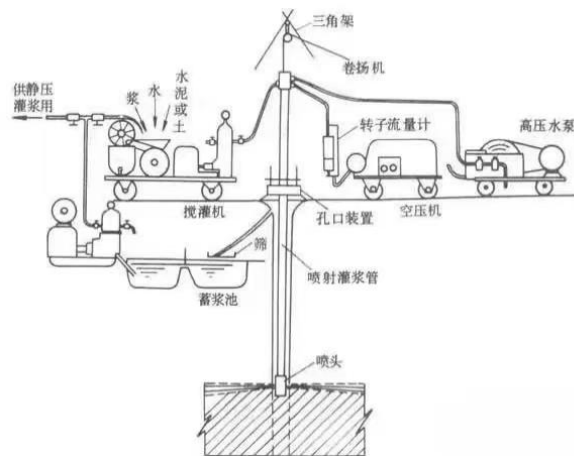


图1 堤坝防渗加固灌浆

### 3.2 土工膜防渗技术的选型与施工

土工膜防渗技术因重量轻、防渗性优、适应性强,在堤坝加固中应用广泛。工业技术发展推动土工膜产能与质量升级,常见类型包括聚乙烯膜、乙烯乙酸改性沥青土工膜,其中新型乙烯乙酸改性沥青土工膜耐腐抗老化,适用于高防渗要求工程;复合土工膜融合土工布与土工膜优势,既提升防渗性能,又增强与坝体贴合度。

施工需严格遵循技术规范:先依据地质条件、防渗要求及运行环境,科学选定土工膜种类与规格;铺设前清理坝体表面尖锐杂物、平整坡面,避免刺破膜体;铺设时保证膜体平整无褶皱,控制铺设速度确保与坝体紧密贴合;拼接环节采用热焊接等可靠方式,完成后需做密封性检测;铺设后及时覆盖保护层,防止紫外线照射导致膜体老化,延长使用寿命。

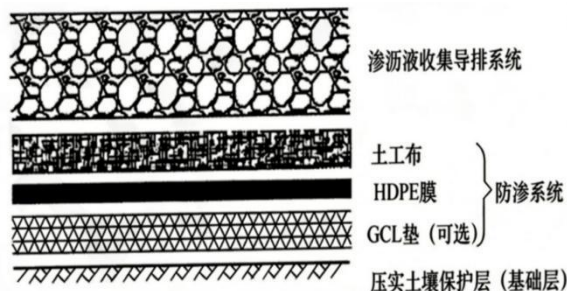


图2 土工膜防渗技术图

### 3.3 防渗墙技术的构建与质量控制

防渗墙为独立防水连续墙体,是堤坝加固核心手段,需严控各施工环节质量。施工前需开展详细地质勘察,明确地层分布,据此制定施工方案。钻孔施工为基础环节,采用专业设备按设计间距钻孔,槽段间距 $4\text{m}$ ,允许偏差 $\pm 30\text{MM}$ ,孔斜率工期不超过总工期 $4\%$ ,槽壁不得出现梅花桩缺陷;钻孔后需清除杂质淤泥,清孔换

浆后孔内淤泥厚度 $\leq 10\text{CM}$  方为合格。

墙体浇筑选用高强度、高抗渗混凝土,保证和易性与流动性,连续作业避免冷缝;墙体连接采用接头管连接等方式,二期槽清孔换浆后,彻底清除接头槽壁附着泥浆,确保连接部位无杂质、无裂缝。施工中需选取试样检测防渗系数,确保防渗墙满足堤坝加固抗渗要求。

## 4 堤坝建设与加固的质量保障体系构建

### 4.1 前期设计阶段的质量把控

前期设计是堤坝建设与加固的基础,设计质量直接决定工程的安全性和适用性。设计单位需组建专业的勘察设计团队,深入施工现场开展详细的地质勘察工作,全面收集水文、地质、地形等相关数据,确保勘察数据的准确性和完整性。设计过程中,需综合考量各种影响因素,包括自然环境、运行负荷、施工条件等,采用科学的设计方法和计算模型,制定合理的设计方案。

对于堤坝建设,设计方案需明确地基处理方式、坝体结构形式、填料选择标准、防渗体系布置等关键内容;对于堤坝加固,需结合病害检测结果,精准定位渗漏部位和病害程度,针对性选择加固技术和施工工艺。设计方案需经过多轮论证和优化,邀请行业专家进行评审,确保方案的科学性、合理性和可行性。同时,设计单位需加强与施工单位的沟通对接,向施工单位详细交底设计意图和技术要求,为施工顺利开展提供技术支持<sup>[4]</sup>。

### 4.2 施工过程中的动态质量监管

施工过程是质量形成的关键阶段,需建立动态化的质量监管机制,确保施工严格按照设计方案和技术标准进行。施工单位需完善用人制度,吸引具备相关专业知识和实践经验的优质人才,加强在岗人员的专业培训和技能考核,提高施工队伍的整体素质,确保施工人员严格按规范进行作业。同时,建立健全施工管理制度,明确各岗位的职责分工,加强施工流程管控,对关键工序实行旁站监理,及时发现和纠正施工中的违规操作。

施工设备和材料的质量管控是施工过程质量监管的重要内容。施工单位需根据工程实际需求,合理选用性能优良、符合要求的施工机械设备,建立定期维护保养制度,安排专业人员对设备进行检查、维修和保养,确保设备始终处于良好运行状态。施工材料需严格执行进场检验制度,对每一批次的材料进行质量检测,核查材料的质量证明文件,确保材料符合行业质量标准,严禁不合格材料进入施工现场。此外,施工过程中需加强对施工环境的监测,根据环境变化及时调整施工参数,

确保施工质量不受环境因素影响。

### 4.3 后期监测与维护的长效机制

后期监测与维护是保障堤坝长期安全运行的重要手段,需建立长效机制,实现对堤坝运行状态的动态监控和及时维护。施工单位需在堤坝建设与加固过程中安装必要的监测设备,如渗压计、位移传感器等,实时监测堤坝的渗流状况、微量变形等关键指标,通过数据采集和分析,及时预判潜在的安全风险。同时,安排专人定期对堤坝进行全面检查,重点排查裂缝、渗漏、侵蚀等病害,建立详细的检查档案,记录堤坝运行状态和病害变化情况。

针对检查中发现的问题,需及时制定整改方案,组织专业人员进行维修加固,避免小问题扩大为大隐患。加强后期维护的信息化建设,利用大数据、物联网等先进技术,构建堤坝运行监测平台,实现监测数据的实时传输、分析和预警,提高维护管理的智能化水平。此外,需明确维护管理责任主体,建立健全考核机制,强化维护单位的责任意识,确保维护工作落到实处,保障堤坝长期安全稳定运行。

## 5 结论

堤坝作为水利工程的核心基础设施,其建设质量与加固效果直接关系到水利工程的安全运行和综合效益。我国土石坝占比高、运行年限长,渗漏等病害问题突出,给水利工程安全带来了严峻挑战。本文通过对水利施工中堤坝建设与加固技术的研究发现,堤坝建设需严格遵循核心技术要求,规避施工中的质量隐患;堤坝渗漏的成因涉及人为、设备、材料、设计、环境、维护等多个方面,需进行全方位、深层次的分析;灌浆防渗、土工膜防渗、防渗墙等核心加固技术各具适用场景和施工要点,需根据工程实际科学选用。

### 参考文献

- [1]徐震.水利施工中的堤坝建设与加固技术研究[J].农业灾害研究,2025,15(06):232-234.
- [2]张哲.水利工程建设中河道堤坝施工技术细节分析研究[J].陕西水利,2025,(06):151-152+155.
- [3]范晓慧.水利堤坝建设与加固技术研究[J].内蒙古水利,2025,(02):35-36.
- [4]严伟.农田水利工程施工中堤坝渗漏原因以及防渗加固技术[J].农家参谋,2022,(12):165-167.