

关于水利工程中建筑物结构缝处理新方法的研究分析

司东东

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：水利工程建筑物结构缝对工程安全稳定至关重要，其处理技术直接影响工程耐久性。该研究剖析结构缝类型及传统处理局限，着重探索高性能弹性密封材料、复合式止水系统、自修复技术及数字化监测等新方法，阐释其材料特性、构造设计与应用效果。结合技术推广需求，从研发创新、交流培训、示范工程及成本效益优化等方面提出建议，为复杂工况下结构缝处理提供技术参考，助力提升水利工程整体安全性与长效性。

关键词：水利工程；建筑物结构缝；处理新方法

引言

水利工程中，结构缝作为协调温度变形、地基沉降的关键构造，其处理质量关乎工程寿命与运行安全。传统方法在材料耐久性、止水可靠性等方面难以适应复杂环境。为此，本文聚焦结构缝处理新方法，系统剖析高性能弹性密封材料的性能优势、复合式止水系统的协同机制、自修复技术的创新原理及数字化监测的应用价值，结合工程实践提出推广策略，旨在为水利工程结构缝处理提供技术支撑，推动行业技术升级与工程质量提升。

1 水利工程建筑物结构缝概述

在水利工程领域，水利工程建筑物结构缝作为关键构造，对工程的稳定运行与安全起着决定性作用。结构缝，即根据结构设计需求，用于分割混凝土结构间隔的统称。其类型丰富多样，涵盖伸缩缝、沉降缝等多种类别。伸缩缝主要是为规避结构受温度变化以及混凝土干缩作用的不良影响而设置。当环境温度大幅波动，混凝土会因热胀冷缩产生应力，若应力超出混凝土的承受极限，便会引发裂缝。伸缩缝的存在，能有效释放这种应力，从而降低裂缝出现的几率。沉降缝则是为应对地基不均匀沉陷和冻胀影响而设。当地基条件复杂，各部位承载能力存在差异时，在建筑物不同部分之间设置沉降缝，可防止因不均匀沉降产生的过大内力致使结构破坏。在高程有突变的地基上浇筑结构时，于突变处设置分缝，能使结构更好地适应地基的变化。结构缝内部通常设有柔性填缝材料和止水带。柔性填缝材料具备良好的柔韧性与变形能力，在结构发生位移或变形时，可有效填充缝隙，避免杂物进入，同时缓解结构间的相互挤压。止水带则承担着防渗、防漏的重任，能够阻止水分透过结构缝，保障水利工程建筑物的防水性能，防止因渗漏导致地基被冲刷、结构稳定性下降等严重问题。不同类型的水利工程建筑物，因其功能、所处环境及地基

条件各异，结构缝的设置也有所不同。例如，岩基上混凝土重力坝常需同时设置永久性的横缝和临时性的纵缝，以适应温度变化、施工浇筑能力以及地基特性；土基上的水闸，一般仅在两闸段之间设置沉陷缝，此沉陷缝兼起温度缝的作用，这是考虑到土基变形较大，通过设置合适的结构缝来协调变形，确保水闸结构的安全稳定。

2 水利工程中建筑物结构缝处理新方法

2.1 高性能弹性密封材料应用

在水利工程建筑物结构缝处理中，高性能弹性密封材料崭露头角。传统密封材料在耐久性、适应性上存在短板，难以长效应对复杂工况。新型高性能弹性密封材料则凭借独特分子结构，展现出卓越性能。其具备高弹性模量，能在结构因温度、湿度变化产生较大位移时，保持良好的跟随变形能力，始终紧密贴合缝壁，确保密封效果。在化学稳定性方面，该材料对水利工程中常见的酸碱介质、溶解盐类等具有强耐受性，长期浸泡也不易发生溶胀、老化等现象，大大延长了密封材料的使用寿命。以硅酮基弹性密封材料为例，其硅氧键化学稳定性极高，且分子链柔性好，赋予材料出色的弹性恢复能力。在大型水利枢纽的结构缝应用中，经历多年温度循环变化与结构微变形，仍能维持密封完整性，有效阻止水分与有害介质侵入。在材料配方优化上，通过添加纳米级补强填料，如纳米二氧化硅，可进一步提升材料的机械强度与耐磨性，使其在高流速水流冲刷、砂石摩擦等恶劣条件下，依然能够稳定发挥密封作用，为水利工程建筑物结构缝的长期可靠密封提供坚实保障^[1]。

2.2 复合式止水系统

复合式止水系统融合多种止水方式，形成协同效应，显著提升水利工程结构缝的止水性能。传统单一止水方式，如仅依靠止水带或密封胶，面对复杂渗水路径与较大水压时，止水效果有限。复合式止水系统则整合

了止水带、密封材料与排水构造等多种要素。在构造设计上,采用多层止水带嵌套布置,不同材质止水带发挥各自优势。例如,内层橡胶止水带利用其良好的柔韧性与弹性,适应结构变形;外层金属止水带凭借高强度与抗穿刺性,抵御外力破坏与尖锐物体划伤。密封材料填充于止水带之间及周边缝隙,进一步阻断细微渗水通道。在结构缝底部或侧部设置排水构造,如排水盲沟、排水孔等,当有少量渗水透过止水防线时,能及时将水引排至安全区域,避免积水积聚产生水压,对止水体系造成破坏。在实际工程应用中,在大型水闸结构缝设置复合式止水系统,通过科学的构造设计与材料组合,有效应对了地基不均匀沉降、温度应力等因素导致的结构变形,成功实现了高效止水,保障了水闸的安全稳定运行,大幅降低了渗漏风险。

2.3 自修复型结构缝技术

自修复型结构缝技术是水利工程结构缝处理领域的创新突破,为解决结构缝长期使用后出现损伤的难题提供了新思路。该技术基于材料的自修复特性,当结构缝因各种原因产生裂缝或损伤时,材料能自动启动修复机制,恢复结构的完整性与防水性能。一种基于微胶囊技术的自修复材料应用于结构缝密封胶中。在材料内部均匀分散着含有修复剂的微胶囊,当结构缝出现微小裂缝时,裂缝扩展产生的应力使微胶囊破裂,释放出修复剂。修复剂在裂缝处与周围材料发生化学反应,迅速固化并填充裂缝,阻止裂缝进一步扩展,恢复密封胶的密封性能。还有利用形状记忆合金丝作为结构缝增强材料,当结构缝因变形产生较大位移时,形状记忆合金丝在外界温度变化等刺激下,恢复至预设形状,对结构缝起到约束与加固作用,同时促进周边材料的自修复过程。在水工隧洞结构缝中应用自修复型结构缝技术,有效减少了后期维护频次与成本,保障了隧洞在长期运行过程中的防水与结构安全,展现出良好的应用前景^[2]。

2.4 数字化监测与智能维护

数字化监测与智能维护为水利工程建筑物结构缝的长期安全运行保驾护航。借助先进的传感器技术、物联网与大数据分析手段,可对结构缝状态进行实时、精准监测,并基于监测数据实现智能维护决策。在结构缝关键部位布置多种传感器,如位移传感器、应变传感器、渗压传感器等,实时采集结构缝的位移、变形、渗流压等参数。这些数据通过物联网传输至数据处理中心,利用大数据分析算法对数据进行深度挖掘与分析。通过建立结构缝状态评估模型,结合历史数据与理论计算,能够准确判断结构缝当前状态,预测未来发展趋势。当

监测数据超出预设阈值,系统自动发出预警,并依据智能算法生成针对性的维护方案。在某大型水库大坝结构缝监测中,数字化监测系统及时捕捉到部分结构缝位移异常增大的情况,经智能分析判断为局部地基沉降导致。基于此,迅速制定并实施了加固与修复措施,有效避免了结构缝进一步损坏,保障了大坝安全。数字化监测与智能维护极大提升了水利工程结构缝维护管理的及时性、科学性与高效性,有力支撑水利工程的可持续稳定运行。

3 水利工程中建筑物结构缝处理新方法的推广建议

3.1 加强技术研发与创新

(1) 聚焦结构缝材料的性能突破,针对极端气候条件下的耐候性、高水压环境中的密封性等核心指标,开展分子结构设计与复合改性研究,通过引入新型功能性基团提升材料的抗老化、抗撕裂及长期弹性保持能力,同时探索不同材料间的协同作用机制,开发出适应复杂地质水文环境的多组分复合材料体系,实现材料性能的全方位优化。(2) 深化结构缝构造与受力机理的耦合分析,利用有限元数值模拟技术构建结构缝在温度循环、地基沉降、水流冲击等多因素作用下的动态响应模型,精准捕捉不同工况下结构缝的变形规律与应力分布特征,据此创新结构缝的几何形态设计与止水体系布置方式,使构造形式更贴合实际受力需求,提升整体抗变形能力与防水可靠性。(3) 推动跨学科技术融合,将纳米技术、智能材料技术与传统结构缝处理技术相结合,研发具有自感知功能的结构缝材料,通过在材料中嵌入纳米级传感单元,实现对结构缝变形、渗漏等状态的实时监测,同时探索能量收集技术与自修复系统的集成应用,利用环境振动、温度梯度等自然能源为自修复机制提供动力,构建集监测、修复于一体的智能化结构缝技术体系。

3.2 开展技术交流与培训

(1) 搭建多层次技术交流平台,定期组织行业内的技术研讨会与案例分享会。邀请业内权威专家、一线技术人员等齐聚一堂,围绕结构缝处理的前沿技术、工程实践中的疑难问题展开深度探讨。会上展示新型材料的应用效果、复合止水系统的施工工艺、自修复技术的运行数据等实操案例,促进技术经验互鉴融合,形成行业内技术创新的合力。(2) 构建系统化培训体系,针对设计、施工、运维等不同环节的技术人员,开发差异化的培训课程,设计阶段重点讲解结构缝的计算模型与参数选取方法,施工阶段聚焦材料铺设工艺、接缝处理精度等实操技能,运维阶段侧重监测数据解读与病害诊断技

术,通过理论授课与现场实操相结合的方式,提升技术人员对新技术的掌握程度。(3)建立技术传承与创新机制,鼓励资深技术骨干与青年技术人员组成研发团队,通过项目合作、技术攻关等形式实现经验传递,同时支持技术人员参与国际前沿技术论坛与学术交流活动,跟踪全球结构缝处理技术的发展动态,将先进理念与本土工程需求相结合,形成具有适应性的技术解决方案,并在团队内部进行转化与推广^[3]。

3.3 建立示范工程

(1)选取具有代表性的水利工程作为示范载体,优先选择地质条件复杂、气候环境恶劣或功能要求高的项目,如高坝结构缝、严寒地区水闸接缝等,在这些工程中集中应用高性能弹性密封材料、复合式止水系统、自修复技术等创新成果,通过实际工程验证新技术的适用性与可靠性,记录不同工况下的技术表现与数据参数,形成完整的技术应用档案。(2)构建示范工程的全生命周期监测体系,在结构缝关键部位布设高精度监测设备,实时采集温度变形、接缝位移、渗漏量等指标,结合长期运行数据对比分析新技术与传统技术的性能差异,量化评估新技术在提升工程安全性、降低维护成本等方面的效果,为技术优化提供依据,同时形成可复制的监测评估方法,为后续工程应用提供参考。(3)打造技术展示与推广基地,在示范工程现场精心规划出一片专属的技术展示区。以实物陈列将新技术的材料分门别类摆放,附上详细说明;用多媒体演示借助动画、视频等生动呈现构造原理与施工流程。定期组织行业内技术人员实地考察观摩、深入交流探讨,邀请专业机构对示范工程成果第三方评估,形成权威报告,增强认可度与推广力度。

3.4 优化成本与效益分析

(1)建立全周期成本核算模型,突破传统仅关注初期投入的成本分析模式,将新技术的研发费用、材料采购成本、施工安装费用、后期维护费用等纳入统一核算体系,结合工程设计使用年限,计算单位时间内的平均

成本,同时考虑不同技术方案在减少渗漏损失、延长工程寿命等方面的隐性收益,形成全面的成本效益对比数据。(2)开展技术经济性动态评估,针对不同规模、不同类型的水利工程,建立成本效益数据库,分析工程规模、地质条件、环境因素等变量对新技术经济性的影响,形成差异化的成本效益分析模板,例如在大型水利枢纽中重点评估长期维护成本的节约空间,在中小型工程中侧重初期投入与短期效益的平衡,为不同项目的技术选型提供精准参考。(3)探索成本优化路径,通过材料国产化替代、施工工艺标准化、设备智能化改造等方式降低新技术的应用成本,例如研发高性能材料的本土化生产配方,减少对进口原料的依赖;制定复合止水系统的模块化施工流程,提高施工效率;利用自动化设备进行结构缝处理作业,降低人工成本,同时通过技术创新提升材料利用率与施工质量,间接提升技术的综合效益^[4]。

结语

综上所述,水利工程结构缝处理新方法通过材料创新、系统集成与智能技术融合,突破了传统工艺的局限。高性能材料提升了密封耐久性,复合止水强化了防渗可靠性,自修复技术降低了维护成本,数字化监测实现了风险预判。未来需持续深化跨学科研发,以示范工程为依托优化技术经济性,推动新技术从实验室走向工程实践,构建适应极端环境、全生命周期保障的结构缝处理体系,为水利工程高质量发展提供核心技术保障。

参考文献

- [1]郭军辉.水利工程建筑物结构缝处理新技术[J].河南水利与南水北调,2021,50(1):55-56.
- [2]张清.水利工程建筑物结构缝处理新技术[J].电脑爱好者(电子刊),2021(12):681-682.
- [3]韦婕.水工建筑物结构缝处理新方法的探讨[J].建筑工程技术与设计,2021(21):1992.
- [4]胡松.水工建筑物结构缝处理新方法研究[J].现代装饰,2023(3):187-189.