

# 水利工程中浆砌石结构裂缝防治技术研究

文 / 李馨悦 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

**摘要:** 本文围绕水利工程中浆砌石结构裂缝问题,深入分析了常见裂缝类型及成因,包括收缩裂缝、沉降裂缝、温度裂缝等其他裂缝。在此基础上,详细探讨了裂缝预防技术,如优化设计方案、严格控制材料质量、规范施工工艺以及加强环境监测与管理。同时,研究了裂缝治理技术,涵盖表面处理技术、灌浆技术、结构加固技术等。旨在为水利工程中浆砌石结构裂缝的有效防治提供理论依据和实践指导,确保水利工程的安全稳定运行。

**关键词:** 水利工程; 浆砌石结构; 裂缝防治技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.074

## 引言

在水利工程建设中,浆砌石结构凭借其就地取材、造价低廉、耐久性好等优点,得到了广泛的应用。例如在泰安市大汶河治理工程中,浆砌石拱桥与相同规模的板梁桥相比,可节省工程量25%~40%,节省投资30%以上。然而,浆砌石结构在使用过程中常常出现各种裂缝问题,这些裂缝的存在和发展,破坏了水工建筑物结构的整体性,影响了水工建筑物的结构受力状况与稳定,给水工建筑物结构的运行带来不确定性,而且易导致水工建筑物内部与钢筋锈蚀,降低水工建筑物结构的耐久性,甚至会引起渗透变形,危及水工建筑物的结构的稳定性。因此,深入研究水利工程中浆砌石结构裂缝防治技术具有极其重要的现实意义。

## 一、水利工程中浆砌石结构常见裂缝类型及成因

### (一) 收缩裂缝

收缩裂缝是浆砌石结构中较为常见的一种裂缝类型。在浆砌石施工过程中,砂浆在硬化过程中会发生体积收缩。当这种收缩变形受到约束时,就会在结构内部产生拉应力。当拉应力超过砂浆的抗拉强度时,就会产生收缩裂缝。例如,在大直径浆砌石圆形敞口水池中,由于池壁环向力大于砌体抗拉强度,就可能拉裂池壁产生裂缝。此外,水泥的品种、用量、水灰比等因素也会影响砂浆的收缩性能。一般来说,水泥用量越大、水灰比越大,砂浆的收缩就越大,产生收缩裂缝的可能性也就越高。

### (二) 沉降裂缝

沉降裂缝主要是由于基础不均匀沉降引起的。在水利工程中,浆砌石结构通常建在地基上。如果地基处理不当,或者地基土的性质不均匀,在建筑物自重和外荷载的作用下,就会产生不均匀沉降。这种不均匀沉降会使浆砌石结构产生附加应力,当附加应力超过结构的承载能力时,就会产生沉降裂缝。例如,在一些山区的水利工程中,由于地形复杂,地基土的性质差异较大,如果在施工过程中没有对地基进行妥善处理,就容易出现沉降裂缝。

### (三) 温度裂缝

温度裂缝是由于温度变化引起的。在水利工程中,浆砌石结构会受到环境温度变化的影响。当温度升高时,结构会膨胀;当温度降低时,结构会收缩。如果温度变化较大,而结构的伸缩受到约束,就会在结构内部产生温度应力。当温度应力超过结构的抗拉强度时,就会产生温度裂缝。在高寒地区,混凝土温度应力的控制尤为重要,因为较大的温度变化容易导致浆砌石重力坝防渗面板等结构产生裂缝。

### (四) 其他裂缝

除了上述几种常见的裂缝类型外,浆砌石结构还可能由于其他原因产生裂缝。例如,在施工过程中,如果施工工艺不当,如砌筑不规范、灰缝不饱满等,会降低结构的整体性和强度,从而容易产生裂缝。此外,在结构使用过程中,如果受到外力的撞击、振动等作用,也可能导致结构产生裂缝。

## 二、水利工程中浆砌石结构裂缝预防技术

### (一) 优化设计方案

在水利工程浆砌石结构设计中,优化设计方案是预防裂缝产生的关键。合理选择结构形式需依据工程实际与地质条件,像大直径浆砌石圆形敞口水池,从壁顶到壁底、从壁内到壁外设置垂直通缝,并用橡胶止水带止水及沥青麻丝填充,可削弱池壁环向力,保证池壁按竖向单项受力状态维持稳定,减少收缩裂缝的产生。确定结构尺寸和配筋时,要考虑提高结构的抗裂性能。选用与混凝土粘结较好的变形钢筋,控制钢筋应力不过高、直径不过粗,使钢筋在混凝土中分布均匀,能较好地控制正常使用条件下裂缝宽度。同时,设计中要充分考虑温度和湿度变化对结构的影响,预留伸缩缝或设置温度筋,以释放温度应力,防止温度裂缝的出现。对于可能出现不均匀沉降的情况,要采取相应的地基处理措施,如采用桩基础或换填法等,增强地基的承载能力,避免沉降裂缝。此外,还应优化排水设计,及时排除积水,减少水分对结构的侵蚀,提高结构的耐久性。通过这些优化措施,可有效降低浆砌石结构裂缝产生的可能性,确保水利工程的安全稳定运行。

## （二）严格控制材料质量

严格控制水利工程浆砌石结构材料质量是确保工程质量的基础。在采购环节,建立供应商准入机制至关重要,依据国家和行业标准对供应商进行资质审核,制定评审标准,设立核心材料的合格供应商名录,并定期评估其履约能力和产品质量,保障供应链稳定可靠。采购时必须要求供应商提供完整的材料检测报告和检验合格证书,通过合同明确责任和质量保证条款。

材料验收要实现流程规范化,制定详细程序,明确验收人员职责与操作流程。验收内容涵盖外观检查、数量核对、性能指标验证、检测报告核查等。为确保检测结果真实有效,可引入第三方检测机构进行抽样检验,验证材料的机械性能、化学成分、耐久性能等关键指标。

建立材料检测台账和追溯体系也不容忽视,实行材料出厂检验、入场检验、现场抽检相结合的管理模式,建立完整的材料检验档案。每批次材料都应有详细的检测报告、检验记录和存储信息,借助信息化管理系统实现数据的实时上传、存档和查询,确保材料可追溯到供应商和检测机构。

在存储管理方面,施工现场需设立专门的材料存储区,按照材料类别分类堆放,避免材料受潮、变质、污染,影响后续施工性能。通过这些措施,严格把控材料质量,为水利工程浆砌石结构的质量提供坚实保障。

## （三）规范施工工艺

规范水利工程浆砌石施工工艺是保障结构质量的关键所在。

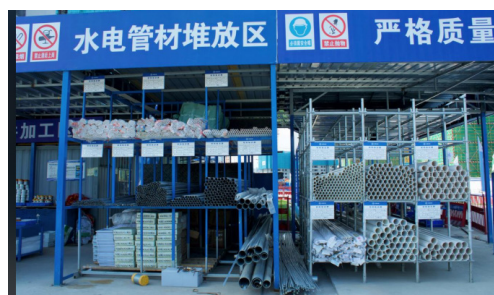


图1 材料储存区

石料在砌筑前需进行清洗与湿润,去除表面杂质与灰尘,增强石料与砂浆的粘结性能。砌筑时要严格遵循施工规范,采用坐浆法或铺浆法,保证灰缝饱满均匀,避免出现通缝、瞎缝等问题。灰缝厚度应控制在合理范围内,一般为20-30mm,以确保结构的整体性和稳定性。同时,要控制好砌筑速度和高度,避免过快砌筑导致结构不稳定,每日砌筑高度不宜超过1.2m。在砌筑过程中,要注意石块的排列方式,大面朝下,小面朝上,相互错缝搭接,形成稳定的结构体系。对于转角处和交接处,应同时砌筑,如不能同时砌筑,则应留斜槎,斜槎长度不应小于高度的2/3。在养护方面,要及时对砌筑好的浆砌石结构进行养护,保持结构表面湿润,可采用覆盖草袋、浇水等方式。养护时间应根据气温和砂浆品种等因素确定,一般不少于7天,以促进砂浆的硬化和强度增长,提高结构的耐久性。通过规范施工工艺,严格把控每一个施工环节,为水利工程浆砌石结构的质量提供有力保障。

表1 施工工艺要求示意图

施工环节	具体参数要求	数值范围 / 标准	监测方式
石料预处理	表面清洗湿润覆盖率	≥ 95%	现场抽检记录
灰缝质量控制	厚度允许范围	20-30mm	钢尺测量抽查
灰缝饱满度	砂浆填充率	≥ 90%	百格网检测
砌筑高度控制	单日最大砌筑高度	≤ 1.2m	施工日志核查
转角处理	斜槎长度与高度比	≥ 2/3	钢卷尺测量
养护周期	保湿养护持续时间	≥ 7天	温湿度记录仪追踪
石块排列	错缝搭接长度	≥ 80mm	现场标尺校验

## （四）加强环境监测与管理

加强水利工程浆砌石结构施工的环境监测与管理,是保障工程质量、减少裂缝产生的重要举措。在施工过程中,对气温、湿度等气象条件的监测至关重要。高温时,浆砌石结构水分蒸发快,砂浆易干缩开裂,此时需采取遮阳、喷雾等降温保湿措施,避免水分过度流失导致收缩裂缝。低温环境下,砂浆凝结速度减慢,强度增长受阻,甚至可能受冻破坏,因此要做好保温工作,如覆盖保温材料等。

对地基沉降的监测不可忽视。通过建立沉降观测点,定期测量地基沉降情况,及时掌握地基的稳定性。若发现不均匀沉降,应立即分析原因并采取相应措施,如对

地基进行加固处理,防止因沉降导致结构产生裂缝。

严格控制施工现场的粉尘、废水等污染物排放也很关键。粉尘会影响施工人员健康,还可能污染石料和砂浆,降低其粘结性能;废水若随意排放,可能渗入地基,改变地基土的物理性质,影响地基承载能力。应按照国家环保要求,设置有效的防尘、污水处理设施,确保施工环境符合环保标准。同时,加强对施工人员的环保教育,提高环保意识,从源头上减少环境污染,保障浆砌石结构施工的质量和环

## 三、水利工程中浆砌石结构裂缝治理技术

### （一）表面处理技术

水利工程中浆砌石结构的表面处理技术是针对宽度

较小、深度较浅裂缝的常用修复手段，核心在于恢复结构表面完整性并阻断渗漏通道。对于宽度小于 0.3mm 的微细裂缝，需先沿裂缝走向凿除两侧 2-3cm 范围的表层砂浆，深度以暴露新鲜骨料为准，随后用高压水枪冲洗裂缝表面，清除浮尘与松散颗粒，待表面干燥后涂刷一层环氧树脂基液，其浓度控制在 10%-15% 以增强粘结性能，待基液表干后，采用人工抹压的方式分层填筑环氧砂浆，每层厚度控制在 0.5-1cm，确保砂浆与原结构充分嵌合，总填筑厚度需达到 1-2cm 以补偿收缩变形，抹压完成后 24 小时内覆盖塑料薄膜进行保湿养护，防止水分蒸发导致开裂。若裂缝存在渗漏现象，则需采用贴补法处理，先在裂缝表面涂刷 1-2mm 厚的改性沥青涂料作为粘结层，随后将玻璃纤维布或橡胶板裁剪至合适尺寸，沿裂缝走向紧密粘贴，粘贴过程中需用滚筒加压排除气泡，确保贴补层与裂缝表面完全贴合，最后在贴补层外侧加压固定 48 小时，使粘结材料充分固化，形成可靠的防渗屏障，有效阻止水流通过裂缝渗入结构内部。

### (二) 灌浆技术

灌浆技术是治理水利工程浆砌石结构裂缝的常用且有效的方法，它通过把浆液压送到水工建筑物地基的裂隙、断层破碎带或建筑物本身的接缝、裂缝中，提高被灌地层或建筑物的抗渗性和整体性，改善地基条件，保证水工建筑物安全运行。在水利工程中，固结灌浆是常见的灌浆类型，用于改善节理裂隙发育或存在破碎带的岩石物理力学性能。在混凝土重力坝建设中，通常对坝基进行全面积的固结灌浆；混凝土拱坝或重力拱坝则对受力集中的坝肩拱座岩体进行特别处理；水工隧洞施工中，岩体固结灌浆常在衬砌完成后进行，破碎岩层开挖隧洞时，可在开挖前进行超前固结灌浆；土石坝防渗体底部的混凝土垫层设置时，也会对垫层下部的岩体进行固结灌浆。

灌浆材料多为水泥浆液，需根据地质条件确定技术参数。面对复杂岩石地质条件，一般先进行现场固结灌浆试验，确定孔距、排距、孔深、布孔形式、灌浆次序和压力等。浅层固结灌浆孔多采用风钻钻孔，深层孔用潜孔钻或岩心钻。平面布孔可采用梅花形、方格形或六角形，排距和最终孔距通常控制在 3-6 米，采用逐渐加密方式钻灌。当岩石节理、裂隙发育且吃浆量大时，改用水泥砂浆灌浆，灌浆从稀浆开始逐渐变浓，直至达到预定结束标准。灌浆完成后，通过钻检查孔压水试验、岩心检查、测定弹性波速与弹性模量等方法检查固结效果。

### (三) 结构加固技术

结构加固技术在水利工程浆砌石结构裂缝治理中是

解决结构承载能力问题的关键手段。常见的结构加固方法多样且各有特点。碳纤维加固包括碳纤维布加固和碳纤维板加固，作为新型结构加固技术，能有效提高结构的抗拉强度、韧性和耐久性，适用于对结构承载能力要求较高的部位。加大截面加固法通过在原结构表面增加混凝土或钢筋混凝土层，增大结构的截面面积，从而提高结构的承载能力，常用于基础和梁、柱等结构的加固。外包钢加固法是在原结构的四角或周边包上型钢，增强结构的刚度和承载能力，可显著改善结构的受力性能，尤其适用于需要大幅度提高承载能力的情况。粘钢加固法是在原结构表面粘贴钢板，提高结构的抗拉性能和承载能力，施工简便、工期短，能在不显著增大结构体积的前提下提高结构的承载能力。这些结构加固技术在实际应用中，需根据裂缝的严重程度、结构的特点和工程的具体要求等因素综合选择，以确保水利工程浆砌石结构的安全稳定运行。

### 结语

水利工程中浆砌石结构裂缝防治是保障工程安全稳定运行的关键。常见裂缝如收缩、沉降、温度及其他裂缝，成因复杂，涉及材料特性、施工工艺、环境因素等多方面。通过优化设计方案，结合工程实际与地质条件确定结构形式、尺寸及配筋，能从源头上减少裂缝隐患；严格控制材料质量，从采购、验收、检测到存储管理全流程把控，为结构质量奠定基础；规范施工工艺，在砌筑、养护等环节遵循标准，可增强结构整体性与强度；加强环境监测与管理，关注气象和地基状况、控制污染排放，营造良好施工环境。治理裂缝时，表面处理、灌浆、结构加固等技术各有适用场景。综合运用预防与治理技术，能有效降低裂缝产生概率、控制裂缝发展，保障水利工程浆砌石结构的耐久性与安全性，为水利事业的可持续发展提供有力支撑。

### 参考文献

- [1] 韩少武, 雷瑞丽, 陈健玲. 岩溶区浆砌石空腹重力坝数值模拟分析及应用 [J]. 水利技术监督, 2025 (4): 41-44.
- [2] 徐奔. 深圳市新大海堤工程重建与生态修复设计研究 [J]. 黑龙江水利科技, 2025 (7).
- [3] 张敏青, 鲁珍珠, 臧楠. 铜川市某中学重力式挡土墙地基破坏原因及处理建议 [J]. 冶金丛刊, 2021, 006 (009): 19-20.
- [4] 叶智华. 重力墙式堆石坝表面变形监测方法和资料分析 [J]. 浙江水利科技, 2023, 51 (3): 71-75.
- [5] 佛山地区水电水局. 锦江水库浆砌石重力坝坝体裂缝和渗漏处理经验 (摘录) [J]. 广东水利水电, 1976.