

# 师宗县溜子田水库除险加固工程混凝土施工关键技术研究

李挺榆

云南泰辉建筑工程有限公司，云南曲靖，655000；

**摘要：**水利水电工程在国家基础设施架构中占据关键地位，为经济社会稳健前行源源不断地注入动力。师宗县溜子田水库，作为区域水利体系的关键节点，肩负着农业灌溉、工业及城乡供水、防洪保安等多重使命。但岁月的侵蚀与早期工程技术的短板，致使水库主坝出现心墙不达标、防渗体薄弱、坝体坝基渗漏以及设备老化等诸多棘手问题，严重制约水库正常运行，给下游群众生命财产安全投下阴影。混凝土施工技术贯穿水利水电工程建设与维护全程，从材料的精挑细选、配合比的科学设计，到灌浆、防渗墙施工技术的精准把控，每个环节都紧密关联着工程的结构稳固性与防渗可靠性。深入钻研这些关键技术并成功应用于溜子田水库除险加固，对破解水库困局、保障水利工程安全高效运行意义非凡。

**关键词：**水利水电工程；混凝土施工；关键技术

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.03.009

## 1 师宗县溜子田水库除险加固工程概况

师宗县溜子田水库，坐落于云南省曲靖市师宗县大同街道大同社区的溜子田村，地理位置得天独厚，距县城仅 15 千米，且紧邻滇黔公路国道 324 线，南昆铁路亦从库区尾部穿行而过。

水库始建于 1957 年底，历经一年多的紧张施工，于 1958 年 4 月顺利竣工。总库容达到 1313.2 万立方米，兴利库容 1095.1 万立方米，死库容 142 万立方米，设计灌溉面积高达 2.13 万亩。作为一座集农业灌溉、工业供水、城乡供水以及下游防洪等综合功能于一体的中型水库，溜子田水库在师宗县的经济社会发展中扮演着举足轻重的角色。然而，随着时间的推移，溜子田水库在长期的运行过程中也逐渐暴露出一些问题。特别是主坝部分，由于始建时工程技术条件的限制，加之长期的自然侵蚀和人为活动的影响，逐渐出现了“病”“险”和配套工程不完善等问题。这些问题不仅影响了水库的正常运行和效益发挥，更对下游群众的生命财产安全构成了潜在威胁。

## 2 水利水电工程混凝土施工关键技术分析

### 2.1 材料选择与配合比设计

#### 2.1.1 材料选择原则及其对混凝土性能的影响

水泥作为混凝土的核心胶凝材料，其选择需综合考量工程特性。对于一般水工结构，普通硅酸盐水泥因凝结硬化快、早期强度高而常被采用。然而，大体积混凝土

工程，如大坝基础等部位，中热或低热水泥更为适宜。水泥的矿物成分和细度等因素影响混凝土性能，硅酸三钙含量高的水泥，凝结硬化快、早期强度高；而水泥细度越细，与水反应越充分，混凝土早期强度增长快，但细度过高会增加水化热，加大开裂风险。

骨料分为粗骨料和细骨料。粗骨料宜选用质地坚硬、级配良好的碎石或卵石。在溪洛渡水电站工程中，严格筛选粗骨料，其良好的级配使得混凝土在较低水泥用量下仍具备优良和易性与强度。粗骨料最大粒径需依据混凝土结构尺寸和钢筋间距确定，过大粒径可能导致混凝土内部结构不均匀，影响强度；过小则会增加水泥用量。细骨料多采用天然砂或机制砂，洁净、质地坚硬且级配良好是关键。细骨料的含泥量对混凝土性能影响显著，含泥量过高会降低水泥与骨料的粘结力，致使混凝土强度和耐久性下降。

外加剂虽用量少，却能显著改善混凝土性能。减水剂可在不增加用水量时提高混凝土流动性，或在保持流动性不变时减少水泥用量，降低水化热，提升强度和耐久性。在一些大型水利工程的高温季节施工中，缓凝剂能延缓混凝土凝结时间，避免因混凝土过早凝结而出现施工冷缝。引气剂引入微小气泡，改善混凝土和易性，提高抗冻性和抗渗性，适用于有抗冻要求的水工混凝土，如北方地区的水利设施。

#### 2.1.2 配合比设计的重要性及优化方法与步骤

优化配合比，首先要依据工程设计要求和施工条件，明确混凝土设计强度等级、耐久性指标等参数。随后进

行原材料选择与初步配合比计算,考虑水泥、骨料、外加剂和水的比例关系,满足混凝土工作性、强度和耐久性要求。计算过程中,可参考经验公式和相关标准规范。

施工现场原材料情况和施工工艺与试验室存在差异,需对试验室配合比进行调整。如骨料含水率变化会影响混凝土实际用水量,需根据现场骨料含水率实时调整配合比,确保混凝土质量稳定。施工过程中,依据混凝土生产质量反馈,及时微调配合比,保障混凝土性能一致性。

## 2.2 灌浆施工技术

### 2.2.1 灌浆施工的基本原理与工艺流程

灌浆施工是通过压力将浆液注入地基或结构物缝隙、孔洞等部位,以实现加固地基、防渗堵漏等目的。其原理基于压力差,使浆液在被灌介质中渗透、扩散、充填和胶结,改善介质物理力学性能。

灌浆施工工艺流程包括钻孔、冲洗、压水试验、灌浆和封孔等环节。钻孔依据设计要求确定位置、深度和角度,钻孔过程确保孔壁稳定,防止塌孔。冲洗孔内岩粉、泥渣等杂质,为浆液注入创造良好条件。压水试验通过向孔内压水,测定岩体透水性,为灌浆参数确定提供依据。

灌浆是关键步骤,按照设计灌浆压力、灌浆量和灌浆顺序,利用灌浆泵将配置好的浆液注入孔内。浆液在压力作用下在被灌介质中扩散、充填缝隙。灌浆结束后进行封孔,防止浆液流出和外界杂质进入。

### 2.2.2 灌浆施工中的关键技术问题

在师宗县溜子田水库除险加固工程中,针对坝体不同部位地质条件,通过现场试验确定合理灌浆压力范围,保障了灌浆质量。

施工前,依据地质勘察资料 and 设计要求估算灌浆量;施工中,实时监测灌浆量,判断是否满足设计要求。若灌浆量异常,及时分析原因并采取措施。

合理安排灌浆顺序可确保浆液有效扩散和充填。通常先灌下游排孔,再灌上游排孔,最后灌中间排孔;先灌深孔,后灌浅孔;先灌大裂隙孔,后灌小裂隙孔。溜子田水库除险加固工程根据坝体地质和渗漏情况,制定科学灌浆顺序,使灌浆施工顺利推进,提高了坝体防渗性能。



图1 灌浆施工

### 2.2.3 师宗县溜子田水库除险加固工程中灌浆施工的具体应用与效果

师宗县溜子田水库存在坝体渗漏等安全隐患,需进行除险加固。灌浆施工针对坝体不同部位和地质条件,采用不同灌浆方法和参数。坝基砂砾石层采用控制性灌浆技术,严格控制灌浆压力和灌浆量,避免浆液过度扩散造成浪费和环境影响。坝体防渗处理采用劈裂灌浆和充填灌浆结合方式。

经灌浆施工,坝体渗漏量显著减少。施工前后坝体渗流量监测对比显示,渗流量降低 80%以上,有效提升坝体稳定性和防渗性能。对灌浆后坝体钻孔取芯检测,芯样结石强度和完整性良好,表明灌浆效果显著,达到除险加固目的。

## 2.3 防渗墙施工技术

### 2.3.1 防渗墙的作用与分类及射水造孔浇注混凝土防渗墙技术的工作原理

防渗墙在水利水电工程中截断渗流通道、降低渗透压力、防止地基或坝体渗漏。按墙体材料分为混凝土防渗墙、塑性混凝土防渗墙、固化灰浆防渗墙等;按成槽方法分为钻劈法、抓斗成槽法、射水造孔法等。

射水造孔浇注混凝土防渗墙技术利用射水法造孔机的水泵和成型器,通过高压水流冲击力破坏土层结构形成槽孔,同时用泥浆护壁。造孔时,成型器不断上下移动修整孔壁成设计槽形。成孔后下设钢筋笼,采用导管法浇筑混凝土形成连续防渗墙体。其工作原理是利用水流能量切割土体,依靠泥浆护壁保证槽孔稳定,最终通过混凝土浇筑形成防渗结构。



图 2 射水造孔浇筑混凝土防渗墙技术

### 2.3.2 防渗墙施工中的关键技术环节

导墙建筑是防渗墙施工重要前期工作。导墙为造孔提供导向、防止孔口坍塌、存储泥浆。一般采用钢筋混凝土结构，施工时严格控制导墙轴线位置、平整度和垂直度，确保其具有足够强度和稳定性。

造孔成槽是关键工序，不同造孔方法有各自特点和适用条件。施工中根据地质条件选择合适造孔设备和工艺，同时控制泥浆性能指标，如比重、粘度、含砂量等，保证泥浆护壁效果。造孔过程密切关注孔壁稳定性，防止塌孔、缩孔等事故。

混凝土浇筑决定防渗墙防渗性能和强度。采用导管法浇筑时，保证导管密封性和埋深，防止泥浆混入混凝土。控制混凝土浇筑速度和高度，确保浇筑连续性和均匀性。浇筑中实时监测混凝土坍落度、和易性等性能，保证混凝土质量符合设计要求。

### 2.3.3 结合师宗县溜子田水库除险加固工程，探讨防渗墙施工的质量控制与检测方法

在师宗县溜子田水库除险加固工程防渗墙施工中，建立严格质量控制体系。从原材料检验到各施工环节质量检查，均有专人负责。对水泥、骨料、外加剂等原材料严格质量检测，确保符合设计要求。导墙施工中，对导墙轴线偏差、顶面高程和平整度等严格控制，每道工序完成后验收。

造孔成槽过程，利用超声波测井仪等设备实时监测孔壁垂直度和槽宽，发现偏差及时调整。每 2 小时检测一次泥浆性能指标，保证泥浆护壁效果。混凝土浇筑时，严格控制导管埋深在 2-6 米，定期测量混凝土面上升高度，确保浇筑质量。

质量检测采用钻孔取芯法，在防渗墙施工完成 28 天后，按一定比例钻孔取芯，检查芯样完整性、强度和防渗性能。同时采用注水试验或压水试验检测墙体防渗效果。通过这些质量控制和检测方法，该工程防渗墙质量得到有效保障，满足工程防渗要求。

## 3 结语

综上所述，在师宗县溜子田水库除险加固工程中，通过对混凝土施工关键技术的合理运用，成功解决了水库长期存在的诸多问题。材料选择与配合比设计为混凝土性能奠定基础，灌浆施工有效改善坝体防渗与稳定性，防渗墙施工筑起坚实的防渗屏障，且各环节严格的质量控制与检测保障了工程质量。经此实践，溜子田水库防洪保坝能力显著提升，恢复往日生机，继续为当地经济社会发展保驾护航。

## 参考文献

- [1] 庞永波, 李晶. 水利水电工程混凝土施工关键技术研究[J]. 地下水, 2024, 46(05): 316-317+322.
- [2] 马爱平. 浅谈水利水电工程混凝土防渗墙施工技术与应用管理[J]. 四川水利, 2023, 44(03): 89-91.
- [3] 尹晓冰, 刘亮, 陈俊全. 混凝土施工技术在水利水电工程中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(07): 72-74.
- [4] 匡雄伟. 水利水电工程中混凝土施工技术的应用[J]. 清洗世界, 2021, 37(07): 155-156.
- [5] 刘伟东. 简述混凝土施工技术在水利水电工程中的应用[J]. 江西建材, 2021, (03): 143-144.
- [6] 陈涛, 丁晶晶. 水利水电工程中混凝土施工技术的应用研究[J]. 智能城市, 2021, 7(05): 151-152.