

水利水电工程防渗技术施工要点分析

尹润霞

福贡县架科底乡人民政府综合保障和技术服务中心, 云南 福贡 673403

DOI:10.61369/WCEST.2026020018

摘 要 : 针对云南福贡地区高山峡谷地形、地质构造复杂、裂隙与断层较为发育及雨季降水集中的实际情况, 对水利水电工程防渗技术施工要点进行了分析。结合区域自然地理特征与地质条件, 归纳了灌浆防渗、防渗墙、土工膜及复合防渗、混凝土防渗等主要施工技术的适用特点, 重点阐述了施工前勘察与方案设计、关键工序控制、质量检验及雨季特殊环境施工管理等内容。

关 键 词 : 水利水电工程; 防渗技术; 施工要点

Analysis of Construction Key Points of Seepage Prevention Technology for Water Conservancy and Hydropower Projects

Yin Runxia

Fugong County Jiake Di Township People's Government Comprehensive Support and Technical Service Center,
Fugong, Yunnan 673403

Abstract : This study analyzes key construction techniques for seepage prevention in hydropower projects, addressing the complex mountainous canyon terrain, intricate geological structures, well-developed fractures and faults, and concentrated monsoon rainfall in Fugong, Yunnan Province. By integrating regional natural geographical features and geological conditions, the research summarizes the applicability of major construction technologies including grouting seepage prevention, seepage walls, geomembrane and composite seepage barriers, and concrete seepage prevention. Special emphasis is placed on pre-construction surveys and design planning, critical process control, quality inspection, and construction management under monsoon season conditions.

Keywords : water conservancy and hydropower engineering; seepage prevention technology; construction key points

随着山区水利水电工程建设规模不断扩大, 复杂地质与特殊环境条件对防渗技术提出了更高要求。云南福贡地区位于高山峡谷地带, 地形起伏大, 河谷深切, 断层、裂隙及破碎带较为发育, 加之降雨量较大、雨季持续时间较长, 容易形成渗漏通道, 增加了防渗施工难度。因此, 有必要结合福贡地区工程建设条件, 系统分析水利水电工程常用防渗技术及其施工要点, 从勘察设计、工艺应用、质量控制和特殊环境管理等方面提出针对性措施, 为类似山区峡谷地带水利水电工程建设提供参考。

一、云南福贡地区水利水电工程建设条件分析

(一) 区域自然地理特征

云南福贡地区处于怒江峡谷腹地, 地貌以高山峡谷为主, 山高坡陡且河谷深切, 地形起伏程度十分明显。该区域内水系发育完善, 河流落差较大, 水能资源较为丰富, 这也为水利水电工程建设提供了良好条件。不过, 受地形因素, 工程布置空间相对有限, 施工道路修建难度较大, 机械设备和材料运输成本也比较高。与此同时, 福贡区降水充沛, 雨季持续时间较长, 地表径流与地下水活动十分频繁, 很容易对基坑开挖边坡的稳定性以及防渗施工造成不利影响。所以说, 该区自然条件既具备开

发优势, 同时也增加了工程建设与防渗处理的复杂性。

(二) 地质条件特征

福贡地区地质构造比较复杂, 受区域构造运动影响, 其表现十分明显。断层、节理以及裂隙发育数量较多, 局部岩体破碎现象也较为突出。工程区域内常见岩土体类型多种多样, 既有比较完整的基岩, 同时也存在风化层较厚且稳定性较差的松散堆积体。这样就会使地基条件呈现出很强的不均匀性。部分区域地下水埋藏较浅, 岩体透水性较强, 非常容易形成渗流通道, 这会给工程基础防渗工作带来较大压力。与此同时, 高边坡以及深切河谷环境很容易诱发滑坡、坍塌等地质灾害, 还会增加施工过程中的安全风险以及技术难度。所以说, 福贡区水利水电工程建设

必须重视地质勘察以及基础处理工作^[1]。

（三）对防渗施工的不利影响

受自然地理以及地质条件共同作用，福贡区水利水电工程防渗施工面临着较多不利因素。复杂地层中断层、裂隙以及破碎带很容易形成隐蔽渗漏通道，导致常规防渗措施难以一次性达到理想效果。高山峡谷地形会使施工场地变窄，设备布置和材料运输都会受到限制，进而影响防渗施工效率。此外，雨季降水集中会造成基坑积水、边坡失稳以及施工面含水率升高，不利于开展灌浆、防渗墙以及土工膜铺设的施工质量控制工作。除此以外，山区气候变化较快，也会对混凝土防渗结构的浇筑养护以及裂缝控制产生不利影响。所以，在该区开展防渗施工工作必须突出因地制宜以及全过程质量控制要求。

二、云南福贡地区防渗技术施工要点分析

（一）施工前勘察与方案设计要点

在开展云南福贡区水利水电工程防渗施工之前，要把勘察以及方案设计当作首要环节来对待，要结合工程区形貌以及水文条件，布设钻孔探槽和物探点，对坝基岸坡以及含水层开展系统调查工作，一般来说，钻孔间距宜控制在 20 ~ 50 m，而重点破碎带或者断层影响区钻孔间距，就可以缩小至 10 ~ 20 m；钻孔深度要进入相对完整基岩 5 m 以上，这样才能查明裂隙发育下水埋深以及渗流通道分布情况，要开展压水试验渗透试验以及必要抽水试验，去准确判定岩体透水率和防渗处理范围，对于透水性较强部位，可以优先考虑采用帷幕灌浆或者防渗墙方案，其中帷幕深度通常要超过主要透水体底板 3 ~ 5 m，在方案设计过程中，还需要结合当雨季长边坡陡施工场狭窄等特性，合理确定防渗轴线施工顺序以及排水措施，同时预留出不少于 0.5 m 作业平台宽度，通过“勘察—分析—设计”一体化控制，就能为后续防渗施工质量提供可靠保障^[2]。

（二）灌浆防渗施工要点

在云南福贡区开展灌浆防渗施工工作时，应当充分考虑高山峡谷型岩体裂隙发育以及地下水活动较强等特性，科学确定灌浆参数以及施工工序。灌浆孔布置工作应当依据其透水性、断层分布以及防渗标准来综合确定。常规孔距宜控制在 1.5 ~ 3.0 m，排距宜为 2.0 ~ 3.0 m；如果是裂隙密集带、断层破碎带等重点区域，那么孔距可以缩小至 1.0 ~ 1.5 m。钻孔孔径一般选用 $\phi 75 \sim 110$ mm，孔深应当进入相对完整基岩 5 ~ 10 m，以保证帷幕连续性。在施工中应当坚持“先试验后施工，分序加密，分段灌浆”原则。灌浆段长一般控制在 3 ~ 5 m，特殊破碎带可以缩短至 1 ~ 2 m。灌浆压力需要结合覆盖层厚度和岩体完整程度来合理控制，通常基岩帷幕灌浆压力可取 0.3 ~ 1.0 MPa，要避免压力过大而引起抬动、冒浆或者串浆现象。浆液水灰比应当根据吸浆情况来动态调整，常用配比可以从 2:1、1:1 逐步过渡至 0.8:1 或者 0.5:1，以提高裂隙充填密实度。在施工过程中还应当加强压水试验吸浆量记录以及终孔检查，当单位吸水率明显降低并且达到设计标准之后才可以结束灌浆工作。如果是雨季施工，应当提

前设置排水沟、集水井以及临时防护棚，防止孔口进水而影响浆液稳定性。只有通过严格控制孔位、孔深、压力以及浆液配比，才能够有效提升福贡区灌浆防渗效果。

（三）防渗墙施工要点

福贡区地质构造复杂并且局部覆盖层较厚，运用防渗墙技术时要重点控制成槽质量、墙体连续性以及接头处理效果。在施工准备阶段要把防渗轴线准确放样出来，轴线偏差一般要控制在 ± 20 mm 以内，导墙厚度宜为 0.3 ~ 0.5 m，高度宜为 1.0 ~ 1.5 m，这样才能保证成槽设备稳定运行。防渗墙厚度通常会根据工程等级以及防渗要求来确定，常见取值为 0.4 ~ 0.8 m，至于高水头或者深厚覆盖层段还可以适当增至 0.8 ~ 1.0 m。槽孔深度要穿透强透水层并且进入相对隔水层或者完整基岩 0.5 ~ 1.0 m 以上，以确保形成连续封闭防渗体系。在成槽施工中要严格控制槽孔垂直度，偏斜率宜小于 0.3%，同时还要合理使用泥浆护壁，泥浆比重一般控制在 1.05 ~ 1.20 g/cm³，黏度控制在 18 ~ 25 s，这样就能防止塌槽、缩颈或者夹层情况出现。墙体浇筑宜采用导管法连续灌注，导管埋深通常保持在混凝土面以下 2 ~ 6 m，避免出现离析和断桩现象。对于槽段接头部位，要预留可靠搭接宽度，一般不小于 20 ~ 30 cm，防止接缝发生渗漏。施工结束后还需要借助取芯、超声检测或者渗透试验等方法去检查墙体完整性。因为福贡区雨季降水集中，施工中必须同步做好排水和边坡防护工作，防止表水进入槽内，进而影响护壁稳定和墙体成型质量^[3]。

（四）土工膜及复合防渗施工要点

土工膜以及复合防渗技术适用于福贡区部分渠道、调蓄池边坡以及辅助建筑物的防渗处理工作。这项技术的施工关键，包括基层处理、膜材铺设焊接质量以及保护层设置这几个方面。

在进行膜材铺设之前，必须把基层整平压实，基层表面高差宜控制在 ± 20 mm 以内，而且基层上面不能存在尖石、树根、铁器这类硬质杂物。如果有必要，还可以铺设 5 ~ 10 cm 厚细砂或者土工布作为垫层。常用土工膜厚度一般为 0.5 ~ 1.5 mm，复合土工膜单位面积质量大多为 300 ~ 800 g/m²，应该依据水头、基条件以及使用部位来合理选用合适的膜材类型。

膜材铺设应该顺着坡顺着水流方向来展开，()还要预留出 1.5% ~ 3.0% 松弛量，这样就能适应温度变化以及不均匀沉降带来影响，膜与膜之间搭接宽度一般不能小于 10 cm，热熔焊缝双焊道宽度宜为 2 × 10 mm，而且焊缝中间要形成可以检测空腔，这样就方便进行气压检漏工作，焊接施工环境温度宜控制在 5 ~ 35 ℃，如果遇到大风暴雨天气，就应该暂停作业，对于转角锚固沟和穿墙管这些薄弱部位，还要进行附加层补强处理，锚固沟宽度和深度一般可以取 30 cm × 30 cm 或者 40 cm × 40 cm，膜材铺设完成之后，应该马上施工保护层，保护土层厚度通常不能小于 20 ~ 30 cm，这样就能防止后续施工过程中出现踩踏暴晒老化或者机械损伤膜材情况。

最后，结合福贡区形陡降雨多特性，同时还要强化排水系统以及边坡稳定措施，这样才能保证土工膜防渗层可以长期安全运行^[4]。

（五）混凝土防渗施工要点

云南福贡区水利水电工程，会在坝体、闸室、引水渠以及附

属建筑物当中广泛运用混凝土防渗技术，其施工质量会直接关系到工程整体抗渗性能。要根据工程部位以及防渗要求，合理选用混凝土强度等级与抗渗等级。一般可以把 C25 ~ C35 抗渗混凝土当作材料来使用，抗渗等级最好不要低于 P6 ~ P8。要是针对长期受高压作用部位，就可以把它提高至 P10 及以上。在原材料方面，要严格控制水灰比，通常宜把它控制在 0.40 ~ 0.50 之间。同时还要参加适量粉煤灰、减水剂或是膨胀剂，以此来提升混凝土密实性以及抗裂性能。在浇筑之前要做好模板拼缝封闭以及基层湿润处理工作，这样就可以防止出现漏浆以及界面脱空问题。混凝土分层浇筑厚度一般要控制在 30 ~ 50 cm，要是运用插入式振捣器来振捣的话，振捣间距宜为 30 ~ 40 cm，单点振捣时间大概在 10 ~ 20 s，要以混凝土表面泛浆不再出现明显下沉状态为准，以此来避免出现漏振或是过振情况。对于施工缝、伸缩缝以及后浇带这类容易出现渗漏部位，要设置止水带或是遇水膨胀止水条。常用橡胶止水带宽度为 250 ~ 350 mm，它埋设位置应当居中，偏差宜控制在 ± 10 mm 以内。在浇筑完成之后，要马上开展保温保湿养护工作，养护时间一般不能少于 14 d。要是处于高温、低温或是昼夜温差较大环境当中，就要采取覆盖洒水或是采取保温毯等措施，防止产生温度裂缝以及收缩裂缝。鉴于福贡区山区昼夜温差较大、湿度变化明显特性，混凝土防渗施工必须突出“控裂、密实养护”这两个关键环节，这样才可以有效保障结构长期防渗效果^[5]。

（六）雨季与特殊环境施工要点

福贡区降雨量较大，雨季持续时间长，再加上高山峡谷地形复杂，给水利水电工程防渗施工带来了明显挑战。由此可见，

必须针对雨季以及特殊环境，采取专门技术措施。要在雨季施工前，把现场排水系统完善起来，沿着基坑边坡以及施工道路设置截水沟、排水沟以及集水井。排水沟底宽一般宜为 0.3 ~ 0.5 m，深度宜为 0.4 ~ 0.8 m，集水井间距可以控制在 20 ~ 30 m。并且还要配备足够功率的抽排设备，确保在降雨后 2 ~ 4 h 之内，可以把施工区域积水基本排除干净。灌浆防渗墙以及混凝土施工区域，应搭设临时防雨棚或者覆盖防水布，防止雨水直接进入孔口槽孔或者浇筑面。土工膜铺设施工，要避开 4 级风以上以及持续降雨天气，防止膜材出现漂移、污染或者焊缝失效情况。对于高边坡以及松散覆盖层段，应同步采取锚杆挂网、喷射混凝土等支护措施。锚杆长度一般可取 3 ~ 6 m，喷射混凝土厚度宜为 80 ~ 120 mm，以此来提高边坡稳定性。在特殊环境，如低温、浓雾或者交通受限条件下，还要合理安排工序衔接以及材料储备。水泥、土工膜、外加剂等材料，应存放于干燥仓库内，距离地高度不宜小于 0.20 m。

三、结束语

综上所述，云南福贡地区水利水电工程防渗施工受自然地理条件、地质构造特征及雨季环境影响显著，施工难度和质量控制要求均较高。灌浆防渗、防渗墙、土工膜及复合防渗、混凝土防渗等技术各具适用范围，实际应用中应根据工程地基条件、渗漏特征和施工环境进行科学选取与组合。防渗效果的实现不仅取决于技术类型本身，更取决于前期勘察的准确性、方案设计的合理性、施工工艺的规范性以及全过程质量管理的严密性。

参考文献

- [1] 马洋, 陈焕凤, 马卫, 等. 水利水电工程防渗施工技术研究 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(8): 72-74.
- [2] 蒙飞花. 水利水电工程防渗施工技术 [J]. 智能建筑与工程机械, 2025, 7(12): 22-24.
- [3] 龚定松, 王彪. 水利水电工程防排水结构优化设计与实施技术 [J]. 工程机械与维修, 2025(2): 100-102.
- [4] 张光磊. 水利水电工程防渗施工技术分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2025, 13(17): 163-165.
- [5] 陈慧慧, 朱倩, 于梦丽. 水利水电工程防渗施工技术探索 [J]. 奥秘, 2025(17): 46-48.