

均质土坝坝基降排水施工技术探究

沈扬波

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6866

[摘要] 作为常见的天然材料之一,土料在土石坝中得到了广泛的应用,但是它的吸水性非常强,在遇到水之后会变湿而没有强度,所以要使其表面处于干燥状态才能确保质量达标,而对于开裂出泉的地方,还需要借助一定的技术措施来进行处理。基于此,本文以巴楚县红海水库为例,针对均质土坝坝基降排水施工技术展开相关探讨分析。

[关键词] 坝基; 降排水; 施工技术

中图分类号: S276 **文献标识码:** A

Exploration of construction technology for dewatering and drainage of homogeneous earth dam foundation

Yangbo Shen

Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] As one of the common natural materials, soil has been widely used in earth-rock dams. However, due to its strong water absorption capacity, it becomes wet and loses its strength when exposed to water. Therefore, its surface must be kept dry to ensure quality compliance. For areas where springs are formed due to cracking, certain technical measures need to be taken for treatment. Based on this, this paper takes the Honghai Reservoir in Bachu County, Xinjiang as an example to explore and analyze the construction technology of drainage and dewatering for the foundation of homogeneous earth dams.

[Key words] dam foundation; dewatering; construction technology

引言

在大坝施工过程中,由于坝基地面存在泉水涌出或者裂缝不断渗漏,会使堆砌的大坝土体含水量过大并且软化,不能满足设计要求的大坝强度。如果不改善坝基的防渗性能就会给整个大坝工程带来不利影响,严重还会导致重大事故的发生。

1 工程概况

红海水库坐落于新疆喀什地区巴楚县境内,距离喀什市约275公里,距巴楚县城约6公里。该水库是以灌溉为主要功能,兼具水产养殖及生态供水的中型引水注入式平原水库,可改善灌溉面积37.12万亩。水库正常蓄水位为1123.10m,死水位为1119.66m,总库容7200万 m^3 ,死库容922万 m^3 。水库大坝为均质土坝,全长16.479公里,坝顶宽度8m,最大坝高约8.0m。上游坝坡坡比为1:3.5,采用20cm厚混凝土护坡,水平铺盖防渗长度25至40m,防渗结构为两布一膜。下游坝坡坡比为1:2.5,采用框格梁护坡,并设有梯形排水沟,排水沟底宽1.0m,深1.5m,两侧坡比1:2。坝体坝基施工降排水方案见图1。

2 均质土坝坝基降排水处理不善的危害

当降排水措施不力,导致地下水位未能有效降低至开挖面

或填筑面以下足够深度时,饱和状态的坝基土体,尤其是细颗粒含量较高的土层,其抗剪强度会因孔隙水压力的持续作用而大幅削弱^[1]。土体呈现饱和软塑甚至流塑状态,承载力急剧下降,无法为坝体填筑提供稳定的持力层,在施工机械碾压或填土荷载作用下,极易发生局部剪切破坏、深层滑动或过大的塑性变形,导致坝基失稳,引发施工期塌方、滑移等安全事故,严重影响施工效率与人员设备安全^[2]。并且,若坝基存在透水性差异较大的土层或局部薄弱带,如砂层透镜体、古河道、裂隙发育带等,高水头差作用下的渗透水流速度加快,极易将细颗粒土体带出,形成管涌通道。管涌初期可能仅表现为局部渗水浑浊,但若未能及时发现和有效控制,管涌通道会迅速扩大发展,最终导致坝基土体结构被掏空,形成贯通性渗漏通道,造成灾难性的集中渗漏甚至渗透变形破坏^[3]。对于粉土、粉细砂等易液化土构成的坝基,在强烈地震或施工振动荷载作用下,饱和土体中的孔隙水压力骤然升高且无法迅速消散,土体有效应力急剧降低甚至消失,瞬间丧失承载能力而发生液化流动,造成坝基突然沉陷、侧向扩展,进而导致坝体开裂、倾斜甚至整体失稳溃决,其破坏过程迅猛且后果严重。



图1 坝体坝基施工降排水方案

3 均质土坝坝基降排水施工技术要点

3.1 施工流程

沿大坝下游侧布设降水井，每间隔30m设置一口，井深25m，井内水位降深8m。基坑中心位置水位可降低3.36m，满足其降深3m的要求，单井出水量为24.5m³/h。按双排孔设计，基坑中心水位降深同样可达3.36m，满足降深3m要求，单井涌水量仍为24.5m³/h。目前实际采用在下游坝坡排水沟外侧单排孔布置的方案，具体的水位降深值将依据后续管井排水试验段的成果确定。工艺流程见图2。

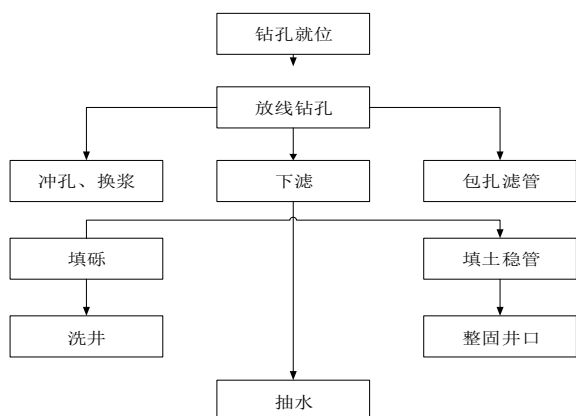


图2 工艺流程

3.2 坝体排水规划与降水井布置

为满足坝体干地施工条件，确保坝基填筑质量，本工程沿坝轴线在下游侧进行单排管井布置。井位精确布设于坝后永久排水沟设计轴线外侧1.5m处，以确保永久结构施工不受影响。井距设置为30m，井深为25m，旨在将井内水位降低8m。根据设计计算，此布置能够将基坑中心部位的水位降深控制在3m以上，满足碾压施工对地基含水率的要求。成井直径为600mm，井管采用直径400mm的无砂混凝土滤水管，外侧包裹土工布并回填特定级配的滤料，以优化渗水效率并防止淤堵。

降水作业与排水系统协同运行，每口管井配备一台额定流量的潜水泵进行持续抽排。抽出的地下水通过管道汇入坝后预先开挖的临时排水沟。此临时排水沟在线路和功能上均与设计

的永久排水沟相结合，前期作为降水导流通道，后期经拓展成型即为永久排水设施，汇集的地下水通过此排水沟系统，导入项目区的主排水网络，经穿坝涵洞排至库外下游渠道，从而形成一个完整、封闭的降水导排体系。

3.3 降水井结构与施工

为确保降水系统的高效性与耐久性，本工程降水井采用了基于“高效滤水、防止淤堵、保障长效”理念的专门结构设计，并配套以标准化的精细施工工艺。井结构设计核心为复合滤水体系：采用内径400mm的无砂混凝土管作为滤水管，利用其多孔特性保障地下水渗入。为有效拦截地层细颗粒，在管外周全程包裹透水土工布；在直径600mm的钻孔与井管外壁之间，回填经级配筛选的砂砾石滤料，以增大进水面积并稳定井周地层。滤水管底部设2.0m长实管段作为沉淀管；降水任务结束后，井的封闭采用分层回填方案，即井底向上6m回填砂砾料，其上至井口则用低渗透性粉土或黏土回填夯实，以切断地下水通道。施工工艺严格遵循“精确定位、规范成孔、垂直下管、均匀回填、彻底洗井”的流程。首先依据30m井距精确放样，使用反循环或旋挖钻机钻孔至25m设计深度并超钻0.3-0.5m。随后采用“兜底法”吊装无砂混凝土管，确保井管垂直居中，接口以方木固定。此后立即在管壁与孔壁间连续、均匀回填滤料，并用黏土密封井口。成井后的洗井工序至关重要，采用“泵放井底抽水法”反复抽排，以彻底清除钻井产生的泥浆与细颗粒，直至出水清澈，此举是激发单井出水能力的关键。最后安装额定流量50m³/h的潜水泵进行单井试抽，验证降水效果，并为后续施工提供参数依据。全过程质量控制贯穿始终，包括孔深复核、滤料回填连续性监控、洗井出水含砂量检测以及初期抽水时对水位降深与出水量的严密监测，确保每口井均成为可靠的降水单元。

4 均质土坝坝基降排水施工保证措施

4.1 管井降水质量控制措施

为确保管井降水系统的可靠性与降水效果满足坝基干地施工要求，质量控制贯穿于工程实施的全过程，其核心在于依托系统性的管理措施实现对“人、机、料、法、环”各环节的精准把控。质量控制始于科学严谨的前期准备，包括详细查阅地质勘察资料以明确土层渗透性、地下水位及类型等关键参数，对专业施工队伍进行综合能力审查，以及对降水设计方案与施工方案进行严格审议，确保其技术可行性、安全性与应急预案的完备性^[4]。在成井施工阶段，严格遵循既定设计与方案执行，并对每口井进行试抽验证，以从源头保证成井质量。进入降水运行期，质量控制的重点转向动态过程监控与系统性维护，包括建立专人巡视制度，持续监测降水井水位变化并与挖土作业紧密配合，以确保基坑工作面处于干燥状态。同时对排水线路、电路及抽水设备进行日常检查与维护，现场备有充足的备用泵与发电机，以防范设备故障或电网中断风险，保障降水作业的连续性。此外，特别注重对降水井及观测井的保护，防止其在土方开挖中被破坏或掩埋，并通过专业监测系统持续评估降水对周边环境的潜在影响。通过上述覆盖事前、事中、事后全链条的精

细化质量控制体系,旨在实现降水过程的安全、稳定与高效,为坝体工程的顺利实施奠定坚实基础。

4.2 降水保证措施

在红海水库除险加固工程坝基降水施工中,为确保长战线、多设备、临水临电复杂工况下的作业安全,项目管理方构建并实施了一套多层次、系统化的安全生产保障体系。该体系以风险管理为核心,遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的方针,其有效性建立在严密的组织管理、针对性的专项技术措施、持续的人员教育以及动态的现场监控基础之上。

通过在施工现场入口及关键作业点设立清晰的安全管理规定标牌、安全责任人标牌及危险警示标识,实现安全要求的直观传达与责任的有效落实,为整个安全管理氛围奠定了视觉与制度基础。针对本工程降水施工特有的临水与用电两大核心风险,体系部署了专项的深度防控网络。对于临水作业风险,采取了个人防护与工程防护相结合的综合策略:强制性要求所有临水操作人员规范穿戴救生衣,并在临水区域设置实体安全护栏与安全墩,构筑物理隔离屏障。同时,为应对紧急情况,在值班点配备救生圈、救生绳及通讯设备,并明确规定当风力超过六级时立即停止一切水上作业,通过“人防、物防、技防”的联动最大限度降低溺水风险。

在用电安全管控方面,体系强调规范先行与过程受控,严格依据《施工现场临时用电安全技术规范》制定专项管理方案,其管控要点覆盖全流程。从源头上要求电气装置不得超负荷或带故障运行,并定期对线路的绝缘强度、机械强度进行排查;严格实行人员准入制度,电工作业必须由持相应资格证书的专业人员完成,严禁非电工从事任何电气作业。在设备拆除时,亦要求对电源连接部位进行妥善处理,确保不留带电外露点,从而系统地规避触电事故隐患^[5]。超越具体的风险防控措施,该体系高度重视“人”这一核心安全变量的管理,通过遵守规章制度与劳动纪律的刚性约束,结合持续的安全教育培训与针对性的安全技术交底,不断提升全体作业人员的安全意识、风险辨识能力与规范操作习惯,旨在实现从“被动遵守”到“主动安全”的行为转变。

为保障所有安全措施能够持续有效运行,体系建立了常态

化的监督检查与应急准备机制。日常工作中,安排专人对排水管路、电气线路及临边防护设施进行巡视检查,及时发现并处理跑冒滴漏、绝缘破损或防护松动等问题;同时,足额配备备用发电设备与抽水泵,以保障在突发停电或设备故障时降水作业能连续进行,防止因降水中断引发的次生安全与地质风险。

5 结语

本文以新疆巴楚县红海水库除险加固工程为例,对均质土坝坝基降排水施工技术进行了全面总结。研究表明,有效的坝基降排水是确保坝体干地施工、控制地基含水率以满足碾压填筑要求,进而保障大坝长期安全稳定的关键前提。以无砂混凝土滤水管为核心、结合土工布包裹与级配滤料回填的复合井体结构,以及涵盖精准定位、规范成孔、彻底洗井的标准化施工工艺流程。通过覆盖事前、事中、事后的全链条精细化质量控制,以及针对临水、用电等重大风险的专项安全生产保障体系,确保了降水作业的可靠与高效运行。实践证明,该技术体系成功将基坑中心水位降至设计标高以下,为坝基开挖与填筑创造了干燥、稳定的作业面,有效规避了因地下水位控制不当可能引发的坝基软化、管涌等工程风险。

[参考文献]

[1]黄慧文.复杂地质条件下地铁超深基坑多元化降排水施工技术探析[J].浙江水利水电学院学报,2025,37(06):39-42.

[2]高颖.水利工程基坑排水施工关键技术及案例研究[J].数字农业与智能农机,2025,(11):69-71.

[3]何庆.水利工程泵站与水闸施工质量管理与技术运用研究[J].水上安全,2025,(21):170-172.

[4]丁成.现代水利工程设计规划的创新策略[J].水上安全,2025,(02):37-39.

[5]宋晓明.水利工程施工降排水技术分析[J].珠江水运,2024,(17):91-93.

作者简介:

沈扬波(1994--)男,汉族,新疆乌鲁木齐市人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:从事合同管理、造价结算、项目管理等工作。