

泵站沉陷、渗漏病害成因及处理技术

何太彬

中国水利水电第五工程局有限公司 四川 成都 610000

摘要: 本文聚焦泵站沉陷与渗漏病害, 阐述泵站结构特点, 对沉陷、渗漏病害分类。深入分析地质条件、设计缺陷、施工质量及运行荷载与环境等因素对病害的影响。详细介绍地基加固、结构顶升与纠偏等沉陷病害处理技术, 以及结构裂缝修补、穿墙管及接触渗漏治理等渗漏病害处理技术。旨在为泵站病害防治提供理论支持与实践指导, 保障泵站安全稳定运行。

关键词: 泵站工程; 沉陷病害; 渗漏治理

引言: 泵站作为水利工程关键构筑物, 在灌溉、排水等方面作用重大。然而, 受多种因素影响, 泵站常出现沉陷、渗漏等病害, 严重影响其正常运行与结构安全。沉陷病害可能导致结构倾斜、设备损坏, 渗漏病害则会引发设备受潮、地基软化等问题。深入研究泵站沉陷与渗漏病害的成因, 并探索有效的处理技术, 对提高泵站可靠性、延长使用寿命具有重要意义。

1 泵站工程结构特点与病害类型

1.1 泵站结构组成

泵站作为水利工程的核心构筑物, 结构组成复杂且针对性强, 主要由主体结构、辅助结构及配套设​​施三部分构成。主体结构包括进水池、泵房、出水池及进出水管道, 其中泵房是核心区域, 内部布置水泵、电机、控制柜等关键设备, 多采用钢筋混凝土框架结构, 要求具备足够的承载能力和抗渗性能。辅助结构涵盖检修平台、楼梯、围墙及排水系统, 配套设施包括供电、照明、监测等设备, 保障泵站正常运行。泵站结构多建于地下或半地下, 长期承受水压力、土压力及设备运行荷载, 结构整体性和耐久性直接影响工程安全, 其结构设计需结合水文地质条件, 兼顾实用性与抗病害能力, 不同类型泵站的结构组成略有差异, 但核心功能模块保持一致。

1.2 沉陷病害分类

泵站沉陷病害是常见的结构性病害, 根据沉陷形态、范围及危害程度, 可分为均匀沉陷、不均匀沉陷及局部沉陷三类。均匀沉陷指泵站整体发生平缓、均匀的下沉, 沉降量在设计允许范围内时, 对结构影响较小, 但若沉降量过大, 会导致结构整体下沉、设备倾斜, 影响正常运行^[1]。不均匀沉陷是最常见且危害较大的类型, 多表现为泵站不同区域沉降量差异明显, 导致结构产生裂缝、墙体倾斜、管道错位, 严重时破坏结构整体性, 甚至引发泵房坍塌。局部沉陷主要发生在泵房基础局部区域,

多由地基承载力不均、局部回填土压实不足等导致, 表现为局部地面下沉、构件开裂, 若不及时处理, 会逐步扩大为不均匀沉陷, 威胁泵站结构安全, 各类沉陷病害均需结合实际沉降情况采取针对性处理措施。

1.3 渗漏病害分类

泵站渗漏病害主要分为结构裂缝渗漏、穿墙管渗漏及接触渗漏三类, 均会影响泵站正常运行, 严重时引发结构损坏。结构裂缝渗漏是最普遍的类型, 多因温度变化、混凝土收缩、地基沉降等导致结构产生裂缝, 地下水或地表水通过裂缝渗入泵房内部, 导致设备受潮、混凝土腐蚀, 降低结构耐久性。穿墙管渗漏主要发生在管道穿墙部位, 由于管道与混凝土之间密封不严、施工缝隙存在, 或管道长期运行产生振动导致密封失效, 使水沿管道与墙体接触面渗漏。接触渗漏发生在泵站主体结构与地基、回填土的接触部位, 因接触面压实不密实、存在空隙, 或地基不均匀沉降导致接触面分离, 形成渗漏通道, 导致地下水渗入, 不仅影响泵站运行环境, 还会软化地基, 加剧沉陷病害, 各类渗漏病害需根据渗漏部位和程度精准治理。

2 泵站沉陷与渗漏病害成因分析

2.1 地质条件影响

地质条件是导致泵站沉陷与渗漏病害的核心自然因素, 直接影响地基承载力和结构稳定性。若泵站选址区域存在软土地基、湿陷性黄土、岩溶地质等不良地质, 会导致地基承载力不足, 在结构自重、设备荷载及水压力作用下, 易发生不均匀沉陷。软土地基压缩性高、沉降量大且沉降持续时间长, 易导致结构开裂、沉陷; 湿陷性黄土遇水后强度急剧下降, 会产生大幅度沉陷; 岩溶地质存在地下溶洞、裂隙, 不仅降低地基承载力, 还会形成渗漏通道, 引发渗漏病害。地下水位过高、地下水径流活跃, 会软化地基土体, 加剧沉陷, 同时地下水易

通过结构缝隙、接触部位渗入,引发渗漏,地质条件的复杂性和不确定性,增加了泵站病害发生的概率,是病害防控需重点考虑的因素^[2]。

2.2 设计缺陷

设计环节的缺陷是泵站沉陷与渗漏病害产生的重要人为因素,主要体现在地基设计、结构设计及抗渗设计三个方面。地基设计缺陷主要表现为未充分勘察地质条件,地基承载力计算偏差,或基础形式选择不合理,如软土地基未采取有效的加固措施,导致地基沉降量超出设计允许范围。结构设计缺陷包括混凝土强度等级选择偏低、钢筋配置不足、结构刚度不足,在荷载作用下易产生裂缝,进而引发渗漏;同时,结构体型设计不合理,易产生应力集中,加剧结构损坏。抗渗设计缺陷主要是混凝土抗渗等级设计不足、伸缩缝及施工缝设置不合理,或穿墙管、预埋件密封设计不完善,导致结构抗渗性能不足,无法有效阻挡地下水渗入,设计缺陷会导致泵站在建设和运行初期就存在病害隐患,逐步发展为明显的沉陷与渗漏问题。

2.3 施工质量问题

施工质量不达标是导致泵站沉陷与渗漏病害的直接原因,涉及地基处理、混凝土施工、管道安装等多个环节。地基处理施工中,回填土压实度不足、软土地基加固工艺不到位,导致地基承载力不均,为沉陷病害埋下隐患;混凝土施工中,原材料质量不合格、配合比偏差、浇筑振捣不密实,会导致混凝土内部存在孔隙、裂缝,降低结构强度和抗渗性能,易引发渗漏;施工缝、伸缩缝处理不规范,未按要求设置止水带或密封材料,形成渗漏通道。另外,穿墙管安装时,管道与混凝土衔接不紧密,密封材料铺设不规范,运行后易出现渗漏;施工过程中未严格遵循设计要求,擅自更改施工工艺、减少施工工序,会进一步加剧结构缺陷,导致沉陷与渗漏病害提前出现,影响泵站使用寿命。

2.4 运行荷载与环境因素

泵站长期运行过程中,运行荷载与环境因素的持续作用,会逐步加剧沉陷与渗漏病害。运行荷载方面,水泵、电机等设备长期运行产生的振动,会传递至地基和主体结构,导致地基土体密实度变化,加剧沉降,同时振动会使结构裂缝扩大、密封部位失效,引发渗漏;泵站进出水压力波动、水位变化,会增加结构受力负荷,导致结构变形、裂缝发展。环境因素方面,温度变化会使混凝土产生热胀冷缩,引发温度裂缝,进而发展为渗漏通道;雨水冲刷、地下水侵蚀会软化地基、腐蚀混凝土结构,降低结构耐久性;冻融循环会破坏混凝土内部

结构,导致裂缝扩大,加剧沉陷与渗漏,长期的运行荷载与环境作用,会使泵站结构逐步老化。

3 泵站沉陷病害处理技术

3.1 地基加固技术

地基加固技术是处理泵站沉陷病害的核心技术,主要针对地基承载力不足、沉降量过大等问题,通过改善地基土体性质,提高地基承载力,控制沉降。常用的地基加固技术包括换填垫层法、深层搅拌法、高压喷射注浆法及锚杆静压桩法。换填垫层法适用于浅层软土地基,通过挖除软弱土层,换填强度高、压缩性低的材料,夯实后提高地基承载力,减少沉降。深层搅拌法通过搅拌机将水泥、石灰等固化剂与地基土体深度搅拌,形成复合地基,增强地基整体性和承载力,适用于深层软土地基。高压喷射注浆法利用高压水流或浆液喷射破坏地基土体,同时注入固化剂,形成固结体,提高地基承载力,可用于处理岩溶、裂隙等地质缺陷。锚杆静压桩法通过静压方式将预制桩植入地基,利用桩体承担结构荷载,减少地基沉降,适用于沉降量较大、地基承载力严重不足的泵站,可根据地基条件和沉陷程度选择合适的加固技术。

3.2 结构顶升与纠偏技术

结构顶升与纠偏技术主要用于处理泵站不均匀沉陷导致的结构倾斜、错位等问题,通过调整结构位置,恢复结构整体性和正常使用功能。结构顶升技术采用千斤顶、顶升架等设备,将倾斜的泵站结构整体或局部顶升至设计标高,再通过加固地基、填充空隙等方式,固定结构位置,防止再次沉陷。顶升过程中需精准控制顶升速度和顶升量,避免结构因受力不均产生新的裂缝^[3]。结构纠偏技术分为迫降纠偏和顶升纠偏两种,迫降纠偏通过在沉降量较小的区域设置降水井、掏土等方式,使该区域缓慢沉降,实现结构纠偏;顶升纠偏则通过顶升沉降量较大的区域,调整结构水平度。该技术需结合泵站结构形式、沉陷程度制定专项方案,施工过程中需加强监测,确保结构安全,避免因纠偏操作不当加剧结构损坏。

3.3 沉降监测与预警体系

沉降监测与预警体系是防控泵站沉陷病害的重要保障,通过实时监测沉降数据,及时发现沉降异常,发出预警信号,为病害处理提供依据。监测体系主要包括监测点布置、监测设备安装、数据采集与分析及预警机制建立。监测点需根据泵站结构布局、地基条件合理布置,重点监测泵房基础、主体结构及进出水管道的沉降情况,监测点间距需满足监测精度要求。常用监测设备包括沉降计、测斜仪、水准仪等,通过自动化监测系统实现数

据实时采集、传输与存储,减少人工监测误差。数据分析环节需对监测数据进行整理、分析,判断沉降趋势,识别沉降异常。预警机制根据沉降速率、沉降量等指标,设定预警阈值,当监测数据超出阈值时,及时发出预警信号,提醒相关人员采取应急处理措施,防止沉陷病害进一步发展,保障泵站安全运行。

4 泵站渗漏病害处理技术

4.1 结构裂缝修补技术

结构裂缝修补技术是处理泵站渗漏病害的关键技术,根据裂缝宽度、深度及渗漏程度,采用针对性的修补方法,阻断渗漏通道,恢复结构抗渗性能。对于宽度小于0.2mm的细微裂缝,采用表面封闭法,通过涂抹环氧树脂、聚氨酯等密封材料,覆盖裂缝表面,阻止水渗入;对于宽度在0.2-1.5mm的中等裂缝,采用压力注浆法,将水泥浆、环氧树脂浆液等通过注浆设备注入裂缝内部,填充裂缝空隙,固化后形成密封层,达到抗渗效果。对于宽度大于1.5mm的宽裂缝或贯穿裂缝,采用嵌缝封堵法,先清理裂缝内部杂物、凿除松动混凝土,再填入嵌缝材料,最后进行表面封闭,增强修补效果。修补过程中需先清理裂缝,确保修补材料与混凝土结合紧密,同时做好修补后的养护工作,提高修补耐久性,防止裂缝再次渗漏。

4.2 穿墙管渗漏治理

穿墙管渗漏治理的核心是密封管道与墙体的衔接部位,消除渗漏通道,根据渗漏程度和管道类型,采用不同的治理方法。对于轻微渗漏,可采用密封材料封堵法,清理穿墙管与墙体之间的缝隙,去除老化的密封材料,填入遇水膨胀密封胶、聚氨酯密封膏等材料,压实后实现密封,同时在管道外侧涂抹防水涂料,增强抗渗能力。对于渗漏较严重、缝隙较大的情况,采用套管加固法,在穿墙管外侧增设防水套管,套管与墙体之间采用防水砂浆或密封材料填充,套管与管道之间设置止水环,双重密封,阻断渗漏通道。对于因管道振动导致的渗漏,需在管道与套管之间设置减震垫,减少振动对密封部位的破坏,同时定期检查密封材料的老化情况,及时更换,确保长期抗渗效果,避免渗漏问题反复出现。

4.3 接触渗漏处理

接触渗漏处理主要针对泵站主体结构与地基、回填土接触部位的渗漏,核心是密实接触界面,阻断渗漏通道,提高接触部位的抗渗能力。常用的处理方法包括回填压实法、帷幕注浆法及止水帷幕设置法^[4]。回填压实法适用于接触部位回填土不密实导致的渗漏,通过挖除接触部位的松散回填土,重新回填优质填料,分层夯实,确保回填土与主体结构、地基紧密结合,消除空隙。帷幕注浆法适用于地基存在裂隙、溶洞导致的接触渗漏,通过在接触部位设置注浆帷幕,注入水泥浆、水泥砂浆等材料,填充地基裂隙和接触空隙,形成不透水帷幕,阻断地下水渗入。止水帷幕设置法通过在主体结构与地基接触部位设置止水带、止水钢板等,增强接触部位的抗渗性能,防止水沿接触界面渗漏,处理过程中需确保施工质量,避免出现施工缝隙,确保接触部位的整体性和密封性。

结束语

泵站沉陷与渗漏病害成因复杂,涉及地质、设计、施工及运行等多方面。准确把握病害成因,针对性地运用地基加固、结构顶升纠偏、裂缝修补、渗漏治理等技术,是保障泵站安全运行的关键。未来,需持续加强泵站建设与运行管理,提升病害监测与预警能力,不断优化处理技术,以适应不同地质条件与运行环境,确保泵站长期稳定发挥效益。

参考文献

- [1]卓南,潘卫锋,张小童,等.皂河泵站叶片调节系统压力油渗漏的分析与处理[J].小水电,2024(4):71-74.
- [2]李长利,孙志恒.严寒地区泵站穿墙管渗漏处理工程案例[J].水利规划与设计,2021(2):100-103.
- [3]马士磊,张慧峰,梁加洲.太浦河泵站基坑渗漏排水集水井漫水险情的处置与思考[J].中国水能及电气化,2023(12):53-58.
- [4]姚志,刘国锋,王建刚.泵站基础防渗施工质量控制与管理提升研究[J].水上安全,2025(20):34-36.