

堤防工程 TRD 防渗墙施工难点及应对措施研究

黎世杰

湖南建投水利水电有限公司 湖南 长沙 410000

摘要: 堤防工程TRD防渗墙施工受技术参数、地质条件及安全质量要求等多重因素制约,难点集中于参数精准控制、复杂地质适配及安全质量保障三大维度。本文基于洞庭湖区重点垸堤防加固工程实践,系统分析TRD防渗墙施工中的核心难点,针对性提出技术优化、地质适配及管控强化等应对措施。实践表明,通过精准调控施工参数、优化地质应对方案及健全安全质量保障体系,可有效解决施工难题,确保防渗墙施工质量与工程安全。该研究为同类堤防工程TRD防渗墙施工提供了实操参考,对提升工程施工效率与质量具有重要实践价值。

关键词: 堤防工程; TRD防渗墙; 施工难点; 应对措施

引言: TRD工法水泥土防渗墙作为堤防工程防渗加固的关键技术,具有成墙质量高、防渗效果好等优势,在洞庭湖区重点垸堤防加固等工程中广泛应用。但该技术施工流程复杂,涉及参数调控、地质适配、安全质量管控等多个环节,施工过程中易受地层条件、设备性能及环境因素影响,出现参数偏差、地质适配不良、安全质量隐患等问题。这些难点若得不到有效解决,将直接影响防渗墙施工质量与工程整体稳定性。基于此,结合洞庭湖区重点垸堤防加固工程TRD防渗墙施工实践,深入剖析施工核心难点,提出科学可行的应对措施,为同类工程施工提供技术支撑与实践参考。

1 施工技术参数精准控制难点及应对措施

1.1 步进速度调控难点及应对措施

TRD防渗墙施工中,步进速度直接影响墙体水泥掺量均匀性与土体搅拌充分性,一步法与三步法施工对速度要求存在差异,实际施工中易因速度过快导致搅拌不充分,或因速度过慢引发施工效率低下。一步法施工需控制推进速度在2.0m/h~6.0m/h,三步法先行切割推进速度需维持在0.2m/h~2.0m/h,回撤切割推进速度为5m/h~10m/h,成墙搅拌推进速度为1.0m/h~3.0m/h,多种速度标准切换易出现调控偏差。

应对措施方面,施工前通过生产性试验确定不同地层对应的最优速度参数,针对K65+550-K65+650段26m深防渗墙,经试验确定一步法推进速度3.0m/h~4.0m/h时搅拌效果最佳。施工过程中采用全自动控制系统实时监测步进速度,配备专人通过设备监控装置跟踪速度变化,发现偏差及时调整^[1]。根据地层土质变化动态优化速度参数,在粉质粘土段适当提高推进速度,在粉细砂段降低速度以保证搅拌充分,确保速度调控与地层条件精准匹配。

1.2 浆液配比优化难点及应对措施

浆液配比直接决定防渗墙抗压强度与抗渗性能,需严格控制水泥掺量、水灰比及膨润土掺量等指标,其中水泥掺量需稳定在20%,水灰比需根据地层情况在0.8:1~1.2:1之间调整,膨润土掺量控制在5kg/m³~25kg/m³,多种配比参数协同调控难度较大。实际施工中易因浆液配比不当出现离析、泌水率超标等问题,导致墙体强度不足、抗渗性能下降。

应对措施上,施工前采集施工现场土样开展室内配合比试验,测定不同配比浆液的密度、流动性及凝结时间,确定适配当地地层的最优配比方案。针对松澧垸K69+000-K69+200段地质条件,经试验确定水灰比1:1、膨润土掺量45kg/m³时,浆液流动度与泌水率均满足设计要求。施工过程中采用全自动拌浆系统精准控制材料用量,配备比重计与流动仪实时检测浆液性能,每台班检测不少于3次,确保浆液配比符合施工要求。根据现场地质变化与浆液检测结果动态调整配比,在砂卵石含量较高地段适当提高水泥掺量,在粘性土段优化膨润土掺量以改善浆液流动性。

1.3 垂直度控制难点及应对措施

TRD防渗墙要求墙体垂直度 $\leq 1/250$,施工中因设备定位偏差、地层软硬不均等因素,易出现墙体倾斜问题,影响防渗墙整体连续性与防渗效果。尤其是在深度超过25m的防渗墙施工中,切割箱自行沉入过程中受地层阻力不均影响,垂直度控制难度显著增加。

应对措施方面,施工前对场地进行平整与加固处理,对松软地段铺设10cm厚路基板或钢板,确保施工设备地基承载力满足要求。采用全站仪精准放样,每50m设置控制桩,转弯段每10m~30m增设控制桩,将测量成果报监理复核确认后再进行施工。切割箱自行沉入过程中,采

用经纬仪实时校正导杆垂直度,控制下沉速度在40mm/min~70mm/min,确保切割箱匀速下沉^[2]。在切割箱内部安装多段式测斜仪,实时监测墙体垂直度,发现偏差及时通过机架水平偏差调整功能进行校正,确保墙体垂直度符合设计标准。

2 复杂地质与施工环境适配难点及应对措施

2.1 硬质地层切割难点及应对措施

部分堤防工程堤基地层存在硬塑粉质粘土、砂卵石层等硬质地层,此类地层抗压强度高、切割阻力大,易导致切割刀具磨损严重、切割效率低下,甚至出现设备卡钻等问题。如松澧垸部分堤段存在厚度超过20cm的卵石层,常规切割刀具难以有效穿透,严重影响施工进度。

应对措施上,根据硬质地层特性优化切割刀具配置,选用耐磨耐冲击的高强合金块作为刀刃,增强破岩效果与刀具使用寿命。针对砂卵石含量较高的地层,采用三步法施工工艺,通过先行切割松动地层、回撤切割进一步破碎土体,再注入固化液搅拌成墙,降低硬质地层切割难度。施工前通过地质雷达探测结合钻孔取样,详细勘察硬质地层分布范围、厚度及颗粒级配,将勘察结果标注于施工平面图,提前制定分区刀具更换计划。按施工总量的20%储备刀具备件,施工过程中每推进50m停机检查刀具磨损情况,当刀刃磨损量超过3mm或出现崩刃时立即更换。将先行切割推进速度从常规1.5m/h降至0.8~1.0m/h,切割液注入量提升30%~50%,并调整切割液配比,将膨润土掺量提高至20~25kg/m³,增强润滑与松动效果,减少刀具与土体的摩擦损耗,最终实现硬质地层切割效率提升20%以上,保障施工连续性与成墙质量^[3]。

2.2 特殊地段施工衔接难点及应对措施

堤防工程TRD防渗墙施工涉及转弯段、搭接段等特殊地段,此类地段施工需保证墙体连续性与整体性,施工衔接难度较大。转弯段因轴线转折易出现墙体脱节,搭接段需确保新老墙体有效衔接,若处理不当将形成渗漏通道,影响防渗效果。

应对措施方面,转弯段施工时,若轴线夹角小于5度,通过调整切割箱角度继续切割前进;若夹角大于5度,拔出切割箱和刀具重新组装后再进行后续槽段施工,转角部位两边延伸长度不小于1m。搭接施工时,后续槽回撤至先期槽终点位置后,对搭接位置重新切割至少0.5m,进行二次搅拌成墙,控制挖掘速度确保固化液与混合泥浆充分混合。针对松澧垸K65+965-K66+010段搭接施工,采用放慢搅拌速度、增加固化液注入量等方式,保证搭接部位水泥掺量与搅拌质量,确保墙体连续性。施工前制定详细的特殊地段施工方案,明确施工流程与技术要

求,施工过程中加强现场监控,确保衔接部位施工质量符合设计标准。

2.3 不良地质条件应对难点及应对措施

部分堤段存在淤泥质粉质粘土、松软地基等不良地质条件,此类地层承载力低、稳定性差,施工过程中易出现设备倾斜、场地沉降等问题,影响施工安全与质量。同时,不良地质条件下土体含水量高、颗粒细,易导致浆液与土体混合不均,降低墙体抗压强度与抗渗性能。

应对措施上,施工前对不良地质地段进行场地处理,对松软地基采用回填素土分层夯实的方式加固,对低洼区域及时回填平整,确保施工场地满足设备作业要求。针对淤泥质粉质粘土地层,优化施工工艺参数,适当降低推进速度、提高水泥掺量,增强墙体整体性与稳定性。施工过程中设置排水沟与集水井,及时排除场地积水,防止场地沉降^[4]。加强施工过程动态监测,采用沉降观测仪实时监测场地沉降情况,若出现沉降超标及时调整施工参数或采取加固措施,确保施工安全与质量。

3 施工安全与质量保障难点及应对措施

3.1 设备运行安全难点及应对措施

TRD防渗墙施工涉及TRD工法机、履带式吊车、全自动拌浆系统等多种大型设备,设备体型庞大、操作复杂,施工过程中易因设备故障、操作不当引发安全事故。如设备运行中若出现动力系统故障,可能导致切割箱卡钻;用电设备若未做好防护,易引发触电事故。同时,施工现场设备密集,交叉作业频繁,进一步增加了安全风险。

应对措施方面,建立健全设备安全管理体系,施工前对所有设备进行全面检查与调试,确保设备性能良好、安全防护设施齐全。定期对设备进行维修保养,重点检查动力系统、传动部分及安全保护装置,对磨损部件及时更换,确保设备正常运行。配备备用发电机组,在网电供给不正常时及时恢复供浆、压气及搅拌作业,避免因停电导致埋钻事故。加强施工人员安全培训,所有操作人员必须持证上岗,熟悉设备操作规程与安全注意事项,施工过程中严格遵守安全操作规范。设置专人负责现场设备调度与安全监控,划定设备作业安全区域,禁止无关人员进入作业现场,确保设备运行安全。

3.2 施工质量检测管控难点及应对措施

TRD防渗墙为隐蔽工程,施工质量检测难度较大,需通过成墙期检测与成墙后检测双重管控确保质量。成墙期需检测浆液性能、施工参数等指标,成墙后需检测墙体抗压强度、抗渗性能等指标,检测项目多、要求高,若检测方法不当或管控不严,易导致质量隐患遗漏。

应对措施上,建立完善的质量检测体系,明确检测

项目、标准与方法。成墙期检测中,严格检查水泥等原材料质量,查产品合格证及复试报告;采用流动仪检测浆液流动度,比重计检测浆液湿密度,确保浆液性能符合要求。成墙后采用钻孔取芯与开挖检查相结合的方式,每段开挖2处,开挖长度3.0m~5.0m、深度2.5m~4.0m,检查墙体完整性与均匀性;按墙身总延米的1%布设取芯孔,且不少于3处,每延米取芯数量不少于5组,测定墙体抗压强度与抗渗性能。对检测中发现的质量问题,及时制定整改方案,采取补桩、重新切割搅拌等措施进行处理,确保防渗墙施工质量符合设计要求。

3.3 环保与文明施工保障难点及应对措施

TRD防渗墙施工过程中会产生大量废弃渣土与施工污水,若处理不当将造成环境污染;施工现场粉尘、噪音等也会对周边环境产生影响。尤其是在人口密集区施工,环保与文明施工要求更高,施工过程中易因环保措施不到位引发环境问题。

应对措施方面,制定专项环保与文明施工方案,加强施工现场环境管理。废弃渣土统一堆放在施工现场附近晾干,由渣土车集中运至发包人指定弃渣场,避免随意堆放造成环境污染;设置泥浆收集池与污水处理设施,施工废水经沉淀处理达到排放标准后再排放或循环利用。在施工现场设置防尘设施,对施工道路定期洒水降尘,施工设备与运输车辆进出场地进行除尘清洁操作^[5]。位于人口密集区的施工段,合理安排施工时间,避免夜间施工产生的噪音、灯光对周边居民造成影响,夜间施工时采取降噪、遮光措施。施工现场设置封闭围挡、安全警示标志及夜间警示灯,保持场地整洁有序,实现文明施工。

结语

堤防工程TRD防渗墙施工难点集中于技术参数精准

控制、复杂地质与施工环境适配及安全质量保障三个维度,各难点相互关联、相互影响,直接决定工程施工质量与安全。通过洞庭湖区重点垸堤防加固工程实践表明,针对步进速度、浆液配比、垂直度等参数控制难点,采用生产性试验确定最优参数、全自动控制系统实时监测等措施可实现精准调控;针对硬质地层、特殊地段、不良地质等适配难点,通过优化刀具配置、施工工艺及场地处理等方式可有效解决;针对设备安全、质量检测、环保文明施工等保障难点,建立健全管控体系、强化过程监测与管理可确保施工安全与质量。这些应对措施经过工程实践验证,具有较强的实操性与有效性,可为同类堤防工程TRD防渗墙施工提供参考,对推动TRD工法在堤防工程中的广泛应用、提升工程施工质量与效率具有重要意义。未来施工中,可进一步结合智能化技术,优化施工参数调控与质量检测方法,持续提升TRD防渗墙施工技术水平。

参考文献

- [1]周炼,徐成.TRD水泥土防渗墙在堤防加固工程防渗处理中的试验研究及应用[J].湖南水利水电,2025(1):41-44.
- [2]曾唐彦.TRD水泥土防渗墙技术在重点垸堤防加固工程沅澧垸堤段的应用研究[J].湖南水利水电,2025(1):28-30,53.
- [3]欧阳君,赵广周,张涵,等.洞庭湖堤防加固工程TRD施工质量控制检测与风险评估[J].江西建材,2025(10):139-142.
- [4]李佳乐.浅谈堤防加固工程中防渗墙技术的应用[J].水上安全,2024(2):184-186.
- [5]宾斌,王导勇,冯志兵.TRD工法在洞庭湖区堤防工程中的适用性研究[J].中国水能及电气化,2022(7):26-33.