水工建筑物土工试验检测质量控制要点探析

张 丹
河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：水工建筑物土工试验检测是水利工程地质勘察的重要技术环节，本文围绕土工试验检测质量控制要点展开论述，梳理检测基础理论，划分物理、力学、渗透指标对应的管控重点，剖析取样与试验阶段存在的质量偏差问题。从取样、试验、管理三个层面梳理质量控制路径，规范土样采集保存、各项试验操作、人员与数据管控流程，以此减少检测误差，提升水工土工试验检测成果的可靠程度，为水工建筑物地基相关技术工作提供技术支撑。

关键词：水工建筑物；土工试验；检测质量；质量控制；土体指标

引言：水工建筑物长期承受水体浸润、水压力及上部结构荷载作用，地基土体性能直接决定构筑物运行状态。土工试验可以获取土体物理、力学、渗透相关参数，参数准确程度会影响工程设计与施工推进。试验全流程存在多重干扰因素，容易造成检测结果偏离土体真实状态。落实质量管控措施，规范试验各环节操作，能够降低各类因素带来的检测偏差，保障土体参数采集工作稳定开展，对水利工程建设具备现实意义。

1 水工建筑物土工试验检测基础

1.1 水工建筑物土工试验检测概念界定

水工建筑物土工试验检测是水利工程建设的核心技术工作，依托标准化试验手段测定场地土体性能参数，为水工建筑物地基设计、施工建设、后期运维提供可靠的数据支撑。该项检测工作覆盖水利工程勘察、施工、验收各个阶段，作业规范化程度直接影响水工建筑物基础结构的整体稳定性。检测工作主要服务于堤坝、水闸、渠道等水工构筑物，针对性适配水体浸润、水压荷载、干湿循环等特殊工况，聚焦水工土体的专项性能检测，和普通建筑土工检测存在明显的应用差异。

1.2 水工建筑物土工试验检测质量内涵

水工建筑物土工试验检测质量是试验数据精度、操作流程规范度、检测结果适配性的综合体现，合格的检测质量可以真实还原水工土体的物理、力学与渗透性能，保障工程建设贴合场地实际地质条件。土体自身的颗粒结构、含水率、密实度等原生属性，会直接影响检测结果。试验设备精度、作业环境、操作人员专业水平、操作规范程度，都是影响检测质量的关键因素，各类因素相互作用，构成土工试验检测质量的整体约束体系。

1.3 水工建筑物土工试验检测质量控制概念

水工建筑物土工试验检测质量控制是依托水利行业技术规范，对土工试验全流程实施标准化管控的工作模式，通过约束取样、试验操作、数据处理等关键环节，规避各类质量干扰因素，保障检测数据真实可靠。质量控制工作严格遵循行业专业性、作业全程性、数据精准性、流程规范性的核心原则，统一各类土工试验的操作标准与数据处理规范，系统性提升水工建筑物土工试验检测的整体工作质量。

2 水工建筑物土工试验检测重点与质量问题

2.1 水工建筑物土工试验检测质量控制重点

水工建筑物土工试验检测依据土体性能类别划分核心管控重点，物理指标检测为基础检测内容，包含土体密度、含水率、颗粒级配、孔隙比等关键参数，能够直观反映水工土体基本结构状态，参数检测精度直接决定土体分类标准与基础施工参数的合理性，试验过程需规范试样制备与数据测算操作。力学指标检测聚焦土体承载与形变性能，涵盖抗剪强度、压缩模量、固结系数等参数，适配水工建筑物地基承载、抗形变、固结沉降的工程特性，贴合水体压力与结构荷载作用工况，为主体结构稳定性设计提供核心依据。渗透指标检测是水工土工检测的特色内容，主要测定土体渗透系数、临界水力坡降等参数，对应工程防渗、防破坏建设需求，能够预判土体渗漏、管涌、流土等隐患，通过模拟现场水文条件获取精准参数，保障工程防渗体系的建设质量。

2.2 水工建筑物土工试验检测质量问题

取样环节的不规范操作极易引发检测质量偏差，未依据场地地质分层特征布设取样点位，会造成土样代表性不足，无法客观反映场地土体整体性能。取样作业中扰动土体原生结构，会改变土体天然密实度与孔隙状态，让试验数据偏离真实工况。土样取样范围有限、数量不足，会造成检测结果片面化，无法覆盖场地不同区域土体特性。土样转运与存放阶段防护不到位，会出现土体含水率变化、颗粒散落、结构形变等问题，直接改

变土样原始状态，降低后续检测工作的精准度。

试验操作环节的各类不规范行为是质量问题的主要诱因，试验设备长期未校准养护会出现精度偏差，直接造成检测数据失真。试验环境温湿度、通风条件不达标，会引发土体试样性能衰变，干扰各类指标检测结果。操作人员未严格遵循试验规范，试样制备规格、试验加载参数、水压控制标准不符合行业要求，会降低试验数据稳定性[1]。数据记录与核算阶段的人工误差、录入失误、计算不规范等问题，会造成最终检测数据存在偏差，无法真实体现水工土体性能，对工程设计与施工形成不良影响。

3 水工建筑物土工试验检测质量控制要点

3.1 取样环节的水工建筑物土工试验检测质量控制要点

3.1.1 水工建筑物土样选取质量控制要点

土样选取工作需要完全贴合水工工程场地的地质勘察要求，结合工程施工范围、土体分层特征、水文分布条件确定取样点位与取样深度，保障选取的土样能够全面覆盖工程场地各类土体类型，完整呈现场地土体的性能分布特征。工作人员提前梳理工程地质勘察报告，明确场地表层土体、深层土体、临水侧土体的分布差异，按照均匀性、全面性原则布设取样点位，规避点位集中、深度单一的取样问题。针对堤坝、闸基、渠道边坡等不同水工结构对应的土体区域，开展差异化取样操作，精准匹配不同结构部位的土体性能检测需求。取样过程采用专用取土设备，控制取土设备下压、提取的操作速度，弱化设备作业对周边土体结构的扰动，最大程度保留土体天然结构、含水率与颗粒组合状态。严格管控土样选取数量，根据试验项目需求预留充足的平行试验试样，满足复检、核验的工作需求，规避试样数量不足引发的检测工作中断与数据偏差问题。

3.1.2 水工建筑物土样保存质量控制要点

土样选取完成后即刻开展密封防护处理，采用防水密封材料包裹土样试样，阻断外界空气、水分对土体的干扰，杜绝土样含水率流失、吸湿变质等问题。区分原状土样与扰动土样的保存方式，原状土样全程保持原有结构形态，禁止挤压、翻转、堆叠存放，避免土体结构发生形变破损。扰动土样按照试验分类标准分区存放，标注清晰取样点位、取样深度、取样时间等基础信息，规避不同区域土样混淆混杂的问题。土样转运过程采用专用保温防潮容器，稳定存放环境的温度与湿度，降低外界环境变化对土样性能的影响。严格管控土样存放时长，按照水利土工试验规范要求限定土样静置时间，优先完成新鲜土样的试验检测工作，避免土样长期存放出现性能衰变、结构改变等问题，保障土样各项性能参数贴合场地原生状态。

3.2 试验环节的水工建筑物土工试验检测质量控制要点

3.2.1 物理试验检测操作质量控制要点

水工土体物理试验检测开展前，全面核查试验设备的运行状态与精度指标，对电子天平、烘箱、筛析设备、密度测定仪器等基础设备开展校准调试，清理设备表面残留的土体杂质，保障设备运行状态符合试验标准。试样制备阶段严格遵循规范要求，按照试验项目对应的尺寸、重量标准制备试样，修整试样外观形态，保证试样规整度满足试验操作要求。含水率试验严格控制烘箱温度区间，恒温烘烤时长贴合行业标准，冷却环节在密闭干燥环境中完成，杜绝试样二次吸湿影响检测数据。颗粒级配试验精准控制筛析时长与振动频率，逐级完成不同孔径筛体的筛分操作，精准统计各粒径土体颗粒占比[2]。密度试验规范操作试样取放、称量、浸水等流程，严控操作节奏，减少人工操作误差。各类物理试验均设置平行试验组别，对比多组试验数据，剔除异常数据数值，保障最终检测结果的稳定性与精准性。试验全程记录操作参数与环境条件，为数据核验与复检工作提供完整依据。

3.2.2 力学试验检测操作质量控制要点

水工土体力学试验检测重点管控试验加载、稳压、形变观测等核心流程，试验前期完成力学试验设备的调试与空载试运行，检查设备加载系统、形变采集系统的运行精度，校准压力数值与形变读数参数。试样装夹过程保持居中放置，保证试样受力均匀，规避偏心受力引发的试验数据偏差。压缩试验按照分级加载的模式开展，合理设定每一级加载压力与稳压时长，贴合水工土体天然固结状态，精准测定土体压缩形变参数与固结性能。抗剪试验严格把控剪切速率，结合水工土体实际受力环境调整试验参数，慢速完成剪切操作，完整捕捉土体抗剪强度变化过程，精准获取土体黏聚力、内摩擦角等核心参数。试验过程实时采集压力、形变、位移等数据，保持数据采集的连续性，杜绝数据遗漏、断采等问题。针对不同类型的水工土体，调整试验操作参数，适配黏性土、砂土、碎石土的力学性能检测差异，保障力学试验操作贴合土体实际工程特性。试验结束后规范整理试验设备，核对试验原始数据，剔除因设备故障、操作失误产生的无效数据。

3.2.3 渗透试验检测操作质量控制要点

水工土体渗透试验检测贴合工程实际水文工况开展，试验前检查渗透仪的密封性、通水稳定性，排查管路堵塞、渗水漏气等设备问题，保障试验系统运行稳定。试样装填过程保持土体结构完整，分层压实标准贴合场地土体天然密实度，规避装填过松、过紧引发的渗透参数偏差。试验前期完成饱和处理，彻底排出试样内部空气，避免气泡残留阻碍水体渗透，影响渗透系数检测精度。根据工程场地水力条件设定试验水压与渗透时长，分级调整水力坡降，模拟水工建筑物长期浸水、水压波动的实际工况[3]。试验过程持续观测渗流水量、水位变化，精准记录各时段渗透数据，严格把控数据读取间隔，保障数据采集的细致性与完整性。针对低渗透性土体延长试验观测时长，保证水体渗透过程稳定，获取精准的渗透性能参数。试验全程管控试验环境，保持环境稳定，规避外界温度、气流变化对水体渗透状态的干扰，保障渗透试验检测结果能够真实反映水工土体的防渗性能。

3.3 管理环节的水工建筑物土工试验检测质量控制要点

3.3.1 人员管控的检测质量控制要点

试验检测人员的专业能力直接决定水工土工试验检测的整体质量，试验机构建立常态化人员专业培训机制，组织工作人员系统学习水利土工试验行业规范、设备操作标准、试验技术要点，熟练掌握各类土体试验的操作流程与质量管控标准。针对性开展专项技能实训，强化人员对物理、力学、渗透各类试验的实操能力，提升工作人员识别操作问题、规避检测误差的专业水平。建立人员岗位考核制度，定期开展实操考核与理论考核，考核合格人员方可参与土工试验检测工作，杜绝专业能力不达标人员开展试验作业。明确各岗位工作人员的职责权限，细化取样、试验、数据记录、设备运维等各岗位工作标准，落实岗位责任制，规避职责模糊、操作混乱引发的质量问题。引导工作人员树立标准化作业意识，规范日常试验操作行为，杜绝随意简化试验流程、更改试验参数等不规范操作，从人员层面筑牢检测质量管控基础。

3.3.2 数据管控的检测质量控制要点

水工建筑物土工试验检测数据管控覆盖数据采集、记录、核算、存档全流程，数据采集阶段严格遵循实时记录原则，试验过程中同步记录各类原始数据，杜绝事后补记、预估数据等违规行为，保障原始数据的真实性与原始性。统一数据记录标准，规范数据书写格式与数值精度，固定小数保留位数，规避数据记录格式混乱、精度不统一的问题。数据核算阶段采用标准化计算公式与行业通用核算方法，依托专业计算程序完成数据测算，人工复核核心参数，排查计算偏差与数值错误[4]。建立数据核验机制，安排专人对试验原始数据、核算结果开展二次核查，对比平行试验数据的偏差范围，超出标准偏差的数据及时开展复检工作，剔除无效、失真数据。完善数据存档管理制度，分类整理各类试验检测数据，同步留存试验操作记录、设备校准记录、环境参数记录等配套资料，建立完整的数据档案体系，保障检测数据可追溯、可核验。严格管控数据修改流程，杜绝随意篡改、删减试验数据的行为，所有数据调整均需标注调整依据与调整记录，保障数据管控的规范性与严谨性。

结束语：水工建筑物土工试验检测质量依靠全流程管控实现稳定把控，取样规范、试验操作标准化、人员与数据管理共同构成完整管控体系。土体指标检测的每一处细节，都会影响最终参数的有效性。落实各项质量控制要点，减少取样扰动、设备偏差、人工操作疏漏带来的问题，持续规范土工试验检测作业，让土体检测参数贴合场地地质实际，支撑水工建筑物地基相关工作有序推进。

参考文献

[1]袁吉娜.水利水电工程临时建筑物材料检测研究[J].河南水利与南水北调,2026,55(2)：74-75.

[2]梁超.水利水电工程地基基础岩土试验检测技术研究[J].现代工程科技,2026,5(15)：133-136.

[3]龚永康,唐译.循环动力荷载下长江口某航道地基土强度弱化试验研究[J].水运工程,2026(1)：241-247.

[4]文纪翔,樊恒辉,贾琼瑜,等.穿堤建筑物与分散土界面渗透稳定性研究[J].岩土工程学报,2025,47(5)：958-967.