

静水压测定中加压装置与管道适应性问题研究

乔 振 王 娜 李小儒 辛华为 毛一宁

承德市海河水利工程质量检测有限公司 河北 承德 067000

摘 要: 本文对静水压确定时加压装置对管道的适应性进行深入的研究, 目的是为了提高土工防渗材料性能评估的精度。通过比较国家标准, 公路标准及水利标准对耐静水压测定设备要求的不同, 对现有设备应用于不同标准时的局限性及存在问题进行分析。研究提出集水器尺寸融合设计, 支撑网与多孔板的设计优化, 进水调压装置与压力测定装置的性能改进等改进方案, 研制出适应于不同规范的控制装置系统。同时介绍BIM技术, 智能化施工设备的技术创新点, 并对绿色施工技术和高性能材料用于静水压测定进行论述。研究在解决现有设备适应性的同时, 还对今后的研究方向及前景提供新思路。

关键词: 静水压测定; 加压装置; 管道适应性; 技术创新

引言

静水压测定作为评价土工防渗材料防渗性能的关键环节, 直接影响土工合成材料工程应用防渗效果。在实际使用场景中, 评估土工膜、复合土工膜等多种不同材料的抗静水压性能需要依赖于精确的测量设备。但不同标准体系耐静水压测定装置的设计与功能有所差别, 不仅会影响测试结果精度, 而且会制约测定装置在各工程领域中的广泛推广。所以研究耐静水压测定装置在各种标准中的适应性, 对提高测试的准确性与可靠性有着十分重要的意义。本次研究的目的是通过比较分析国家标准, 公路标准及水利标准对耐静水压测定设备要求的不同, 讨论现有设备对不同标准的限制条件, 提出相应的改进措施。

1 静水压测定装置适应性问题概述

对于静水压的测定, 国家标准、公路标准以及水利标准对于耐静水压的测定装置要求有明显不同。国家标准与公路标准中规定集水器内腔直径相同, 都是 $(200 \pm 5) \text{ mm}$ 或者截面积 $\leq 200 \text{ cm}^2$, 水利标准中规定其内腔直径是 30.5 mm 。这一差异造成不同规范中耐静水压测定装置适应性及测试结果的局限性与问题所在。

首先, 集水器大小的差异直接影响到水流速度及水压分布。无论是国家标准还是公路标准, 集水器内腔直径越大, 可以提供更加稳定的水流与水压环境, 利于测试结果精度的提高。而且水利标准中集水器体积较小时, 会造成水流速度过快或者水压分布不均匀等问题, 影响试验结果可靠性^[1]。其次, 不同的标准对于支撑网及多孔板有不同的规定。国家标准及公路标准中规定了支撑网及多孔板的设置, 水利标准中未作明确要求。支撑网的功能是约束试样受水压时的形变, 保证试验时试样

形状稳定。多孔板的主要功能是均匀地分散压力、减少压力的损耗, 并检查是否存在水的渗漏情况。这些部件的欠缺或者设计的不合理会影响测试结果准确可靠。

另外, 各标准对于进水调压装置及压力测定装置在性能上的要求是有区别。国家标准及公路标准对调压系统提出了压力恒定功能的要求, 其调压范围应至少在 $0 \sim 2.5 \text{ MPa}$ 之间, 精度应在 ± 1 级以上; 水利的标准规定, 在选择量程时, 应确保最大的测试值位于满量程的 $10\% \sim 90\%$ 之间。随着新技术, 新材料不断涌现, 原有调压系统量程已经无法满足一些高耐静水压材料试验需要, 需更新调压系统, 增强试验装置适应性与准确性。

2 改进措施设计

2.1 集水器尺寸融合设计

集水器是耐静水压测定装置中最核心的部件, 集水器的大小直接关系到样品的形变及测试结果是否准确。水利标准中集水器尺寸比国家标准及公路标准小得多, 造成高压时试样变形有限而影响试验结果^[2]。所以需要探索两种规格集水器的融合设计来满足不同规范的试验需要。采用模拟试验与理论分析相结合的方法, 证明了不同集水器尺寸对于试样变形与测试结果之间的特定关系, 从而为融合设计提供了科学依据。

从模拟试验的数据来看, 集水器内腔直径越小, 样品受高压作用的变形就会受到限制, 从而造成测试结果偏高; 但集水器内腔直径越大, 试样变形越自由, 试验结果与真实值越接近。所以在融合设计时要考虑试样变形及测试精度等要求来确定集水器的合理尺寸范围。比如可以使用伸缩式夹具型式来按照试验标准对集水器尺寸进行调节, 既能保证试件在试验时变形平稳, 也能使试验结果更加精确。

2.2 支撑网和多孔板设计优化

测定耐静水压时支撑网起关键作用。其通过对试样变形进行有效约束,保证了试验时试样形状稳定,使试验数据可靠性显著提升。尤其当按照国家标准及公路标准检测时,集水器内腔直径通常偏大,使支撑网作用显得格外突出。支撑网可以防止试样在水压作用下发生过大的形变,从而避免试样断裂或者形状变化造成的试验误差,继而保证了试验结果的精确性。

对多孔板来说,它的对称平衡设计对试验精度也有积极的作用。该设计有利于将压力均匀地分布到多孔板的表面,降低压力损失并使测试条件更均匀。同时多孔板的设置也方便了渗水情况的观测,给试验人员直观地提供了试验反馈信息,有利于对试验参数进行及时地调整,提高了试验效率^[3]。

为使耐静水压测定结果进一步优化,要保证多孔板小孔直径及分布间距等指标严格满足标准要求。例如,设定小孔的直径为 $3\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ 和孔间的距离为 6mm ,这样可以防止由于不同尺寸造成的试验结果的不可比性,确保测试结果的准确性和一致性。通过这些优化措施能够进一步提高耐静水压测定工作的科学性与可靠性,并对相关方面的研究与应用起到强有力的支撑作用。

2.3 进水调压装置和压力测定装置性能提升

国家标准,公路标准,水利标准中对静水压测定装置的性能需求有明显不同。根据国家和公路的标准规定,调压系统的调压量程应在 $0\sim 2.5\text{MPa}$ 之间,精度应控制在 $\pm 2\%$ 的范围内。然而,水利标准则规定,量程选择应确保最大测试值位于满量程的 $10\%\sim 90\%$ 之间。在新材料、新技术层出不穷的情况下,原有调压系统在量程、精度等方面已经很难满足高时所需的测试需要。以《公路工程土工合成材料土工膜》JT/T 518-2004为例,土工膜的最大静水压可以达到 3.5MPa ,这一数值大大超出了当前调压系统的测量范围。所以对进水调压装置及压力测定装置进行升级改造,使其能够满足各种标准中高精度高量程测试的需要就变得尤为必要了。

具体性能提升措施及技术要求主要有。首先对于调压系统拟将最大量程提高到 5MPa 以适应高企所需测试^[4]。同时,为了保证调压系统运行的准确性及稳定性,还需要对加压管道的直径及厚度,升(控)压准确性以及系统协调性进行系统性的试验验证。二是需要对压力测定装置量程范围及精度进行相应调节以保证适应调压系统。具体要求是将量程范围扩大到 $0\sim 5\text{MPa}$,分辨率提高到 0.01MPa ,从而提高了测试数据的精度与可靠性。另外,为了增强系统整体性能,需要综合考虑管道规格型号对

水源的适应性、加水速率等因素对于不同标准测试结果的影响等因素,并经过多次实验加以验证及优化。通过采取上述具体措施,进水调压装置及压力测定装置性能可以得到显著改善,以适应不同规范对高精度,高量程检测的要求。

3 控制器系统开发与改进

3.1 实现不同标准的适应性控制

控制器系统对于适应各种标准的重要程度,是目前静水压测定技术中所面对的一个关键问题。现行国家标准、公路标准及水利标准测定耐静水压所使用的控制器系统是有区别的,它不仅使测试操作更加复杂,也会给试验结果准确性,可靠性带来不利影响。所以研制出一种能适应各种标准的控制器系统对促进试验效率与精度的提高有着十分重要的作用。

为了达到这个目标,我们提出了以下建议:首先,开发一个通用的控制系统,这个系统可以根据各种试验标准来自动调整试验的参数,例如压力的范围、加压的速度和测试所需的时间等。通过对不同准则试验参数模板进行预先设置,操作者只要选择对应准则,系统就可以对试验参数进行自动分配,简化了操作过程,降低了人为错误。其次采用模块化设计将控制器系统分为若干功能模块,例如数据采集模块、处理模块、控制模块等,各个模块间通过标准接口实现通讯,方便系统升级与维护。

该方案先对系统进行了需求分析,确定了不同规范对控制器系统提出了具体需求及区别。然后,对系统进行了设计与开发,主要包括硬件选型、软件编程等。研制过程中注意了系统可靠性与稳定性以保证系统能在多种试验环境中正常工作。在系统开发完成之后,对其进行了严格地测试与验证,主要有功能测试,性能测试以及兼容性测试等,以保证系统能满足各种标准的测试需求。最后在实际测试中对所设计的控制器系统进行了改进,对结果及性能进行了评价,并结合反馈情况做了进一步的优化与改进。

3.2 技术创新点介绍

在静水压测定中,BIM(建筑信息模型)技术的运用被视为一个突出的创新之处。利用BIM技术可建立三维模型并对静水压确定全过程进行仿真,其中包括设备安装,试样摆放和水流路径。该仿真可以预先发现可能存在的问题并优化装置设计以减少实际运行过程中出现的误差及返工。比如利用BIM模型能够准确地计算出集水器最佳大小及外形,从而保证水流分布均匀并降低压力损失。另外BIM技术可以实现信息共享、协同作业、提升团

队间沟通效率、减少项目周期等。

将智能化施工设备运用于静水压测定,也显示出极大的优越性。这类装置一般都装有先进的传感器及控制系统,可对测试时的压力、流量、温度及其它参数进行实时监控与调节。以进水调压装置为例,该智能化设备能够按照预设程序对水压进行自动调节并保持压力输出不变,从而避免人工操作不稳定且不正确。同时智能化设备也可以对试验数据进行采集与分析,从而为之后的完善与优化提供强有力的支撑。比如通过数据分析可以找出集水器尺寸对于试验结果所产生的特定影响,从而为集水器尺寸的融合设计提供了科学依据^[5]。

从技术创新点实施成效来看,采用BIM技术与智能化施工设备,静水压测定精度与效率显著提升。通过仿真及优化设计减少实际运行中存在的问题及风险,降低成本及时间消耗。同时这些技术创新也推动施工过程向智能化、自动化方向发展,降低人工劳动强度、提高效率。另外智能化设备的使用也使试验数据更准确、更可靠,对土工防渗材料性能评估起到强有力的支撑作用。

3.3 绿色施工技术与高性能材料应用

静水压测定采用绿色施工技术既有利于环境保护又可以提高施工效率与质量。绿色施工技术突出了减少施工中能源消耗,减少废弃物生成和保护生态环境等特点,与提高静水压测定装置使用性能的目的相得益彰。如使用节能型设备及技术可显著降低测试时电力消耗及运行成本。

高性能材料对增强耐静水压确定设备的性能起到了至关重要的作用。高压环境中传统材料可能会出现变形和漏水现象,从而影响测试结果精度。高性能的材料,例如高强度的合金和抗腐蚀的塑料,它们展现出卓越的力学和化学稳定性,能在高压环境下维持稳定的形态,减少水的泄漏,从而增强实验的精确度和信赖度。另外,采用高性能材料可延长设备使用寿命并降低维修更换成本。

以集水器为例,传统的材料可能会受到高压而变

形,造成水流不畅或者渗漏,从而影响测试结果。并且由高强度合金材料制成的集水器在压力较高时可以保持外形平稳,保证水流通畅,提高了测试精度。类似地,支撑网与多孔板均由耐腐蚀塑料材料制成,可以抵御化学物质对其的腐蚀,降低了材料老化造成的漏水现象,进一步提高了测试结果的可靠性。

进水调压装置与压力测定装置采用高性能材料也是很重要的。通过使用高精度传感器及耐高压管道可保证压力测定准确、稳定、试验数据可靠。同时高性能材料的使用也减少了设备在高压条件下磨损及老化现象,提高了设备使用寿命并降低了维护成本。

结语

本研究围绕静水压测定对加压装置及管道适应性进行深入探究,并通过比较国家标准,公路标准及水利标准对耐静水压测定设备要求的不同,对现有设备的局限性及存在问题加以分析。通过对集水器进行尺寸融合设计,支撑网与多孔板进行优化,进水调压装置与压力测定装置进行性能改进,有效地解决了该设备在不同规范中的适应性。同时研制出适应于不同规范的控制器系统以及引入BIM技术、绿色施工技术的创新性,显著提高测试精度与效率。今后的研究可以进一步探讨更多的技术创新与材料应用来促进静水压测定技术不断进步与发展。

参考文献

- [1]沈羿丞.水利大管径PCCP管道施工静水压监测方法研究[J].水利技术监督,2025(3):12-15.
- [2]周梅,吴雷,罗小松,等.非静水压作用下石膏电学性质的理论研究[J].原子与分子物理学报,2025(6):129-135.
- [3]裴海朋.提高渣油加氢装置高压工艺管道水压试验一次成功率研究[J].石油化工建设,2025(1):86-88.
- [4]李强.供水管道工程静水压试验方法及应用[J].水利技术监督,2025(4):285-288.
- [5]涂振权,贾决,张晓云,等.碘量法测定天然气中硫化氢标准适应性研究[J].石油工业技术监督,2024(1):26-33.