

供水管道工程静水压试验方法及应用

向 远

新疆瑞昶设计院有限公司乌鲁木齐水利分公司 新疆乌鲁木齐 830000

摘 要: 管线渗漏探测是保障管线正常运行的一项重要技术。为保证输水管线的平稳运行,本文运用静水压试验方法,对供水管道的紧密度作出检测,求取其中较为关键的参数,基于此,对进排水口末端、观察点及后部支撑进行优化设计。通过实证分析,证明静水压试验方法在管道工程中的适用性,为供水管道的故障检验与后续运维工作提供有益参考。

关键词: 静水压试验; 试验方法; 供水管道; 泄漏

引言

管道封堵是管线工程里一种常见的技术,对于管线的建造、养护和检验等环节,具有极其重要的意义。伴随我国城镇化进程加速,城市集中供水规模持续扩张,管网使用年限亦不断延长,在此背景下,城市污水处理系统渗漏问题渐趋严峻。针对出现渗漏之后的处理措施,或者说是给水管道的实际工程建设中运用此类技术,目前在管道投入使用之前的测试方法还较少。因此,本文对供水管道工程实施静水压试验,并对其进行初步测试,以便在管道运行后尽量避免泄漏现象。

一、管道工程静水压试验方法

(一) 试验目的与原则

1. 试验目的

静水压试验的主要目标是检验供水管道的防水性和结构的紧密性。拟通过对实际工程中的高水压进行仿真,对其进行检测和评价,为下一步管线建设、维修和养护提供重要的数据支撑,确保管网安全平稳运行,保证周围区域用水的可靠性。

2. 试验原则

(1) 在实验部分的下游端,或者是与管线轴线垂直的分支管路上,都要安装泵和压力表。这种布置方式可以更精确地反映出测试断面的水压力状态,减小水动力扰动对试验结果的影响,可保证试验数据的准确性和可靠性。

(2) 不应在雨天做水压试验。雨天将造成路面滑溜,作业困难,存在安全隐患;另外,雨水也会进入管线,从而对测试结果产生较大的影响。

(3) 在进行压力试验之前,应将所需要的设备和器

具准备好,并使之处于良好的状态。水压试验用水必须经过监理的批准。在永久工程中,不得为了接口而切断管道。压力表要满足用户的需求,直径最小为120mm,在使用之前要经过校准。根据需要,可以根据不同的管段采用不同的压力计。

(4) 承包人应向监理工程师提出检测渗漏水的方法,并由监理工程师进行现场监测,发现渗漏量超过规定时,要查明原因并进行校正。承包人应对管道压力测试中出现的各种约束情况负责,并按照相关规范和要求进行压力测试,测试通过后,将管道恢复到原来的状态。

(二) 试验压力确定原则

1. 试验段出口端试验压力确定

水压试验是以出水管口(最低点)的测试压力作为参考,以此确保管道系统中各个部分的压力满足设计要求。以调压室(入口自由水位)与实验断面出水口之差为静水压,并按规程规定,在实测基础上增加一定幅值的附加水压,计算得到其静力压力。《给水排水管道工程施工及验收规范》中规定,在水压 ≤ 0.6 的情况下,应采用1.5MPa的压力进行测试;当水压 > 0.6 时,测试压力取 $P+0.3$,可以较好地反映出管线在使用过程中可能出现的各种工况。

2. 沿线各观察点试验压力参考值计算

出阀井沿线都设有一条观测线,在排气阀上装设压力表以观测测试资料,并将其作为测试段的中间参照,纳入测试记录中,以便对测试结果进行修正。每个观测点上的试验压力均由两个阀孔间的压差及出口压差求得。这一结论是基于静水压力随着高度的增大而减小。该方法可以较准确地反映出不同高程下管线的压力差,为后续实验资料的分析提供依据。

二、水压试验的准备及设备选取

(一) 试验准备

在进行静压测试之前,要将DIP管线安装完毕,所有的PCCP接口都要进行压力测试或者验收,保证管道内部的清洁;各类阀件全部安装,并初步检查合格后,除泄压阀外,全部开启;排水管道、排气阀井、镇墩等附属工程,其混凝土强度应达设计强度100%,顶面回填量应在1.5m以上。

(二) 设备选取

1. 压力表的选取

水压试验压力是根据设计要求、有关规范和液压机器的压力级别来决定的。压力表为弹簧式压力表,其准确度不低于1.5级。最大范围应该是测试压力的1.3~1.5倍。通过对市面上各种压力表的型号和规格的分析,选择最大量程2.5MPa的压力表,压力计配备150mm直径的刻度盘。此外,借助专业测试机构使用的压力表完成相关试验过程,为试验结果的可信度提供保障。

2. 灌水、加压设备和排水设备的选取

选择2~4个(型号)65m³/h的水泵,从水源中抽取,并经管道顶端的泄水阀三通管注水;增压装置是对(PW-401E)高压清洗机进行改造,其工作气压在2~4.5MPa,工作压力为3MPa,能满足增压要求;排水时首先开启低位排污阀,利用重力将余水从排污孔抽排出。

3. 堵头制作及压力表、排水孔布置

在水动力测试段两端的钢制承插式转换件上端,焊20mm厚的钢板,进行I级焊接。外侧采用15#工字钢梁加强,并按千斤顶的位置焊上150mm×150mm×6mm的钢板,以保证各部位的应力分布均匀。

在封头板的中心位置钻孔(φ20),然后焊上一根Φ20*2的无缝钢管,将压力表装到一端,在压力表下侧放置2.5MPa的不锈钢阀门,用一根弯曲的管子将其连接起来;在钢转换构件的上部适当部位钻孔(φ20),焊接一根Φ20*2的无缝钢管,两端安装一个2.5MPa的螺旋阀,用来控制注水打压试验孔及排气口。

4. 千斤顶、混凝土背墙及土背墙设计和选取

选用QL型50t螺旋千斤顶,根据设计中所提供的试验压力及所需顶推的大小。为保证挡板和后墙受力均匀,在挡板和后墙之间设置千斤顶。选择地质情况良好、未经开挖的原土层做基坑支护。当土壤容重 γ 小于1.8t/m³时,背墙的强度和推力无法满足,所以需要在背墙前面增设一道混凝土后壁,后壁的形状和尺寸可按设计压力来确定。

三、静水压试验的实施方案

(一) 总体规划

在水压试验段起点到终点段之间的管线上,采用钢制承插式转接件,将钢板焊成堵头,封堵后再加一堵背墙,并在背壁与堵头之间用千斤顶将其顶紧;在充水过程中,由泵将水从位于高处的排气阀三通口位置抽吸到管路中,再经另一高处排气阀上的排气阀排出;在注水增压、测试过程中,采用钢质转换部件上的三通端口上的排气阀及其他排气阀进行排气;在钢转换部件上使用压力计做关闭水测试的记录;水压试验完毕后,通过在水压试验段低处设置的泄水阀将水排出。

(二) 堵头及背挡施工

在实验钢管的两个端部,在管道两端各装上一根钢管接头,接头由20mm厚的钢板和12#工字钢焊接而成,顶部焊有4个顶置垫片,能确保连接处的应力分布均匀。

后挡板是由混凝土或浆砌体组成的后墙,在水压试验中,对靠近管口处无扰动的部位,采用人工方法进行垂直整平,浇筑C15混凝土或砌筑浆砌石背墙,并采用20mm厚的钢板作为底板,在封堵板上采用千斤顶支撑,使用8台50t千斤顶,根据现场实际情况,适当增设千斤顶。

(三) 试压段临时管线等安装

1. 依据水源地点,架设抽水机并铺设临时管道,注水井的布置应在第一端的盲板塞头上,在压力测试管道端部的盲板塞上压力表和排水阀,在排气筒在主管线下压时,可用作减压排气阀,并装有观察压力表,方便在下压时观察各个观测点的压力。

2. 进水管道路、排气口与排水口的规划。在入口盲板的底部设置4根进水管道路,其顶部配有排气阀,中部安装压力显示仪表,底部则连接着电动增压水泵。出水口盲板处安装4个排水口,上部安装1个通风口,中间安装压力表。

3. 增压区段的划分与观察。压力分级以0.2MPa为一个等级,每次分级结束后稳定时间不低于10min。根据说明书对试验部分的阀门、管件和接口进行检测,如果没有任何不正常的情况,则可以继续增压。试验管路两端的阀门和管路中间的排泥阀门井应设专人进行观察,在每个升压阶段,由水压试验主管观测和把握各观测点的状况,并安排专人做好记录。

(四) 充水处理

当测试条件具备时,就可以对管线进行注水。将管路两端的阀门打开,排气阀闭合,排气阀开启,通过对压力管路的溢流计算,得出蝶阀开度为3,充水量不超

过 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 。为防止由于流量太大，安全阀不能完全泄尽，应采用蝶阀，排水方式是否得当，将对管道内水气交换的稳定及控制产生重要影响，这样就可以避免在试验时对管道造成损伤。在充满水的管道中放置超过72h，既可以检测管道本身是否有超出规范的渗漏，又可以通过泡管对施工及管道不动时产生的灰尘、油污等进行清洗。在进行管道充水作业时，应一次性将整个管道充满水，并对管道充水过程、沿线渗漏情况以及责任履行状况展开动态监督与检查。依据值班人员所做的相关记录，一旦发现问题需即刻处理，以保障充水及试验的安全性。

(五) 打压工序

进行压力测试是至关重要的检验方法。水压试验通常分为以下三个步骤。管路增压时，要将管路中的气体排出，如发现弹簧压力表指针摆动、不稳定、增压缓慢，需重新进行抽气操作，然后方可进行再次增压。操作过程中需采用渐进式增压策略（第一、二阶段每次增加 0.1MPa ，第三阶段调整为 0.05MPa ），每完成一次升压后，保持压力稳定至少 10min （在稳压期间可适时补充管内水量）；在实施增压操作前，需对输水管道的管体结构、镇墩设施、阀井装置、阀门组件及连接部位进行系统性检测，同时建立常态化的安全监测机制与数据采集体系，经确认各项指标均处于正常范围后方可执行增压程序。在试验过程中，若出现管路压力上升缓慢、管路堵塞等现象，应立即停机，找出原因，采取适当的处理措施，然后才能继续试验。在进行流体力学实验时，不能敲打或修理管道的接合处。如果发现有问题，就在上面清晰标注，再加压处理。在水压试验中，采用水补偿的方法测定实际渗透率，升压至压力稳定后，保持恒压 30min ，检查界面及管道是否有破损及漏水，并且补充水量直至符合设计要求，即为管道合格。

(六) 稳压阶段及数据记录

采用注水法对所测管道进行封严试验，并记录相关试验数据。在达到测试压力后，启动稳定时间 T_1 ，并将其维持 10min ，直到下降不大于 0.05MPa ，将终止稳压时间 T_2 记录下来。开启高压泵，向管道内注入水，管内重新加压到测试压力，并在管道中记录下水量 W 。

基于前述实验数据，管道渗漏量 Q 的计算公式如下：

$$Q=W/(T_2-T_1)L \quad (1)$$

式中， Q 代表管道的渗漏流量（单位为 $\text{L}/\text{min}\cdot\text{km}$ ）， W 表示 10min 内的补水量（单位为 L ）， T_1 和 T_2 分别对应稳压过程的起始时间与 10min 稳压结束的时间（单位为 min ）， L 则为水压试验段的长度（单位为 km ）。

如此反复4~6次，若测得的渗透率 Q 低于容许范

围，则可判定该管线的水压试验合格。认真填写试验报告，并经有关领导签字后归档。

(七) 施放高压与排水

在管道水压力试验结束后，打开排放阀和压力试验孔的阀门，从管道中抽出高压气体，在管道内压降至一定数值后，开启较低的排气阀蝶阀，在管道内释放水压。试验用水通过排水阀井排水沟排放到水井内，再通过排水井将水抽到河道内。

(八) 拆除背挡和冲洗消毒

后壁或浆砌石的拆除，由水力粉碎锤破裂，并由人工与挖掘机配合清渣，再由人工与反铲相结合的方式，将背挡移除。管路在水压试验结束后，进行清洗、灭菌处理，需要多次冲洗，直至出水口的浊度、色度与进水相同为止。在清洗过程中，要确保排水管道的畅通和安全，并将清洗后的水排放到河道中。

结语

基于静水压试验结果，在明确管线核心参数及渗漏特性的前提下，完成试验设备的选型与系统设计。未来，将通过实施封闭管理、开展水源地值班巡查以及加密水质监测等一系列举措，全面为管网进行“诊断”，排查隐患，确保供水系统的稳定与安全。

参考文献

- [1] 王玮佳, 韩晶. 完善我国压力容器压力管道定期检验规范体系的思考研究[J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(01): 36-38.
- [2] 周璐嘉, 厉志安, 李笑, 等. 基于BERT-BiLSTM-CRF的压力管道安全检验知识图谱构建技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(08): 182-186.
- [3] 谢小雨, 李睿, 崔又文, 等. 基于双向流固耦合的倒虹吸管道水击压力波与拱式桥架组合结构动力响应分析[J]. 应用力学学报, 2024, 41(02): 466-476.
- [4] 黄永基, 刘凤袖, 李兵, 等. 基于三维探地雷达系统的软弱地基管道泄漏探测结果分析——以某滨海城市热力资源厂区I期工程为例[J]. 工程技术研究, 2022, 7(07): 102-105.
- [5] 徐维臣. 高层建筑塑料给水管道水压的非常规无损检测技术综述[J]. 合成树脂及塑料, 2020, 37(03): 91-94.
- [6] 孟凡珂, 武景丽. 槽式光热电站大管径导热油管道水压试验堵板的分析及优化[J]. 热力发电, 2019, 48(08): 122-125.