

水力模型在计量分区 (DMA) 规划中的应用

王 艳

(丹华水利环境技术(上海)有限公司(DHI中国), 上海 200235)

摘要: DMA 计量分区作为主动漏损监测的有效方法之一, 前期分区规划方案的制定(包括流量计采购数量及安装位置以及边界关阀)尤为重要。本文介绍了水力模型的建设以及利用水力模型辅助 DMA 分区规划的方法及应用方向, 结合宁海县 DMA 分区管理实际案例说明了水力模型在漏损计量分区(DMA)规划中的作用和意义。

关键词: DMA 分区规划; 水力模型; 关阀验证; 压力管理

DOI:10.14143/j.cnki.czgs.2020.01.012

1. 引言

传统的管网漏损控制工作主要依靠采用声波技术进行检漏, 这种方法属于被动式的漏损控制方法, 对漏水点不能做到及时发现, 造成泄漏时间延长和水损增大。同时, 随着供水管网的不断扩大, 人工检漏的盲目性愈发明显, 不仅工作效率降低, 而且也造成了人力和物力的浪费。在这种情况下, DMA 分区管理方法的引入使得上述问题的解决迎来了曙光。

DMA(独立计量区域)是通过截断管段或关闭管段上阀门的方法, 将管网分成若干个相对独立的区域, 并在每个区域的进水管和出水管上安装流量计, 从而实现对各个区域入流量与出流量的监测。DMA 的建立能够主动确定区域的泄漏水平, 并指导检漏人员优化检漏顺序, 同时通过实时监测 DMA 夜间流量的变化, 可以识别是否有新的泄漏出现。DMA 分区管

理方法由传统的被动检漏变为主动检漏^[1]。

DMA 分区管理概括来讲可以分为三个阶段: 规划 DMA 分区 -> 现场实施阶段 -> 系统开发及监测。为使分区管理在保证正常用水的前提下减少硬件投资, 优化系统压力, 可以在前期规划阶段通过水力模型模拟, 实现科学合理地规划 DMA 分区的目的。

2. 水力模型建设

供水管网水力数学模型^[2,3]的建设主要包括以下环节, 如图 1 所示:



图 1 供水管网水力数学模型建立环节

2.1 基础数据收集

供水管网数据的收集、整理和核对工作，是供水管网实施模型建设和运行的基础；越完善的数据和信息，就越能够保证供水管网水力数学模型的准确性。对于基础数据的收集以及整理，主要包括管网拓扑数据，用户水量数据，用户用水模式，生产运行数据等。

2.2 数据处理

数据的处理主要包括数据的查错、补缺以及将获取到的不同格式的数据（如 EXCEL, SQL, txt, xml 等）转化为模型所需要的格式。需要进行处理的数据包括管网拓扑数据、水量数据、阀门泵站数据、用水模式数据等。

2.3 现场勘查与测量

供水管网水力模型建立和校核过程中，所有测量工作可以分为三类基本的工作，即测流、测压、测距。通过这些基本测试结合相应的测试目的，能够获得需要的补充数据。具体的现场测量及勘察工作主要包括：管网动态压力、流量、节点用水模式、关键点位高程以及水泵特性曲线。

2.4 水力数学模型搭建

利用供水管网建模软件 MIKE URBAN，输入处理好的基础数据，运行模拟后可以得到管网任意节点压力，管段流量、流速、水头损失等水力参数。

2.5 模型校核

管网模型校核是管网建模项目中最为关键的工作之一，通过有效的管网模型校核能够发现大量基础数据或实际管网中的大量问题，结合勘察或补测，对这些问题进行逐一修正、

排除、确认，最后使得模型模拟值与实际值之间的偏差合理、稳定地缩小，最终达到项目目标的要求。模型的校核主要分为三种基本的方法：检查、校验和校核，这三种方法一直贯穿于建模项目的始终，在建模的不同阶段，这三种方法的使用各有侧重，整个过程就是一个发现问题 - 假设模拟 - 问题锁定 - 确认更正的过程。

模型建成后，流量和压力模拟值与实测值之间的误差需满足表 1 和表 2 的要求^[4]：

表 1 流量精度要求（来源：英国水研究中心）

流量参数	差值
管道流量 > 总需水量的 1%	实测流量的 5%
管道流量 > 总需水量的 0.5%	实测流量的 10%

表 2 压力精度要求（来源：英国水研究中心）

压力参数	差值
校验节点的 100%	± 2 米
校验节点的 95%	± 0.75 米
校验节点的 85%	± 0.5 米

3. 水力模型在 DMA 分区规划中的作用

3.1 DMA 分区规划原则

分区边界的设定通常受到地面高程、地形、道路等边界的限制，同时需要考虑划分区域后不发生死水、积滞水，此外还要尽量利用已有的关闭阀门和流量计设备，降低 DMA 的建设成本。通过对当前国内外分区管理经验的总结，在实施 DMA 分区管理时，需要遵循以下

原则:

(1) 尽量减少管网改造情况, 以保证各区域供水管网的完整性和自然边界;

(2) DMA 区域大小的划分, 主要依据现有供水管网现状和用水分布, 并结合实施分区管理改造后的水力模型, 分析供水区域水量、水压、水质运行的稳定性; 一般情况下, 最高一级分区宜为各供水营业或管网分公司管理区域, 二级分区宜为营业管理区内分区, 一级和二级分区为区域计量区, 三级分区宜为独立计量区。独立计量区一般以住宅小区、工业园区或自然村等区域为单元建立, 用户数一般不超过 5000 户, 进水口数量不宜超过 2 个^[5]。

(3) 在 DMA 边界安装一定数量的流量计或关闭阀门, 流量计的设置应考虑已有设备的重要性。流量计数量越少, DMA 建设的成本就越低, 并且后期流量计管理费用就越少, 同时流量计本身误差对分区计量的影响也越小;

(4) 考虑区域内地面高程及水压的变化情况, 区域地面越平坦, 水压越稳定, 水压控制越容易;

(5) 对水压较高的区域实施压力管理, 可以在 DMA 入口处安装减压阀, 通过降低区域水压降低漏损;

(6) 尽量建立永久性的 DMA, 而不是临时性的, 可以对 DMA 实施进一步的细分。

为有效控制产销差, 更加细致的进行分区管理, 可以将管网区域分为三级, 即在大的分区中划出小的分区, 进一步精细的划出一个个更小的供水区域。这样才能真正地从管理的角度将 DMA 分区进一步精细化, 在主动监测和

控制管网漏损上更具有实际操作性。

3.2 水力模型在 DMA 分区规划中的应用方向

3.2.1 指导计量分区的划分

水力模型可以模拟管网中任意节点的压力, 方便用户绘制等压面图。在进行 DMA 一二级分区的时候, 尤其对于地势起伏比较大的山地丘陵城市供水, 除了考虑供水营业或管网分公司管理区域以外, 还需要充分考虑现状供水管网的压力分布, 为以后的区域压力管理提供便利。

3.2.2 验证边界关阀方案

在 DMA 边界处需要安装一定数量的流量计或关闭阀门, 流量计数量越少, DMA 建设的成本就越低。水力模型可以模拟管网中任意点关阀后对压力、流速以及水流方向的影响, 在保证正常供水的前提下, 通过关闭边界阀门不仅可以减少流量计硬件的投入, 而且还有可能提高环网中的流速, 从而提升管网水质。

3.2.3 提供压力管理建议

在国际水协提出的有效降低物理漏失的推荐方法^[1]中, 压力管理是其中一项内容。压力越低, 漏损越少, 压力控制对于降低暗漏具有比较好的效果, 可以借助水力模型来实现压力管理, 例如, 通过泵站调度优化或在区域入口处安装减压阀来降低压力。

4. 应用实例

宁海县, 浙江省宁波市辖县, 背山靠海, 西高东低, 属沿海低山丘陵地区, 高程差近 55 米。目前, 宁海县唯一一间水厂——第二

2020年第1期

水厂位于西部高地水源区,压力日供水量约10万吨/天。供水公司为了降低整体漏损率,提高主动检漏水平,决定实施DMA分区计量管理。基于MIKE URBAN水力模型软件搭建了宁海县供水管网延时水力模型,包含2万多个节点和管线,如下图2所示。并基于校验好的水力模型,科学规划了宁海县DMA三级分区。



图2 宁海县供水管网延时水力模型

4.1 水力模型校核成果

根据2.5章节提供的校核方法和标准,完成了宁海县供水模型的校核,压力和流量测点的实测值与模拟值柱状图比较如图3所示,相关性分布图如图4所示。通过计算,压力和流量校核的相关系数分别为0.996和0.999。

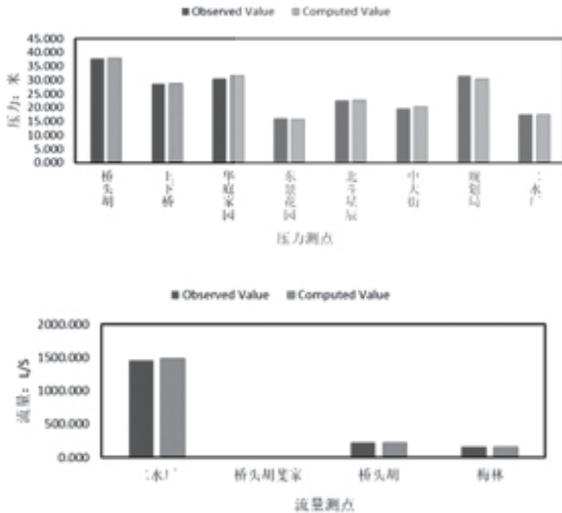


图3 压力和流量测点实测值与模拟值柱状图比较

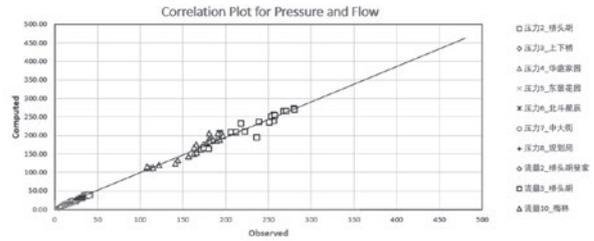


图4 压力和流量测点实测与模拟值相关性分布图

而且,通过模型校核还发现了两处压力监测异常的点。如下图5所示。模拟压力为40米左右,而实际监测的压力只有十几米,从而提醒运营管理人员再深入排查两个测点数据异常的原因。

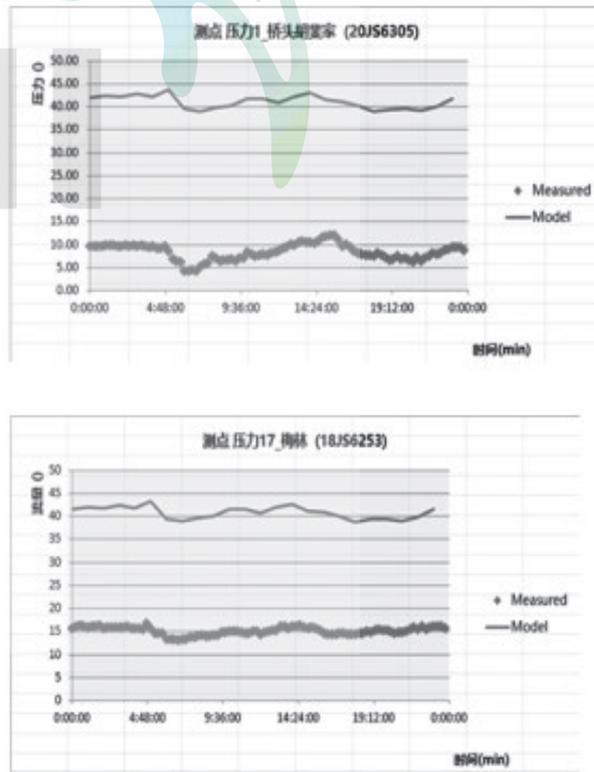


图5 压力监测异常点

利用校验好的模型模拟高峰供水(早7点)和夜间低谷供水(晚3点)的压力分布如下图

6所示。从夜间低谷供水压力分布看出,夜间北部区域供水压力偏高。

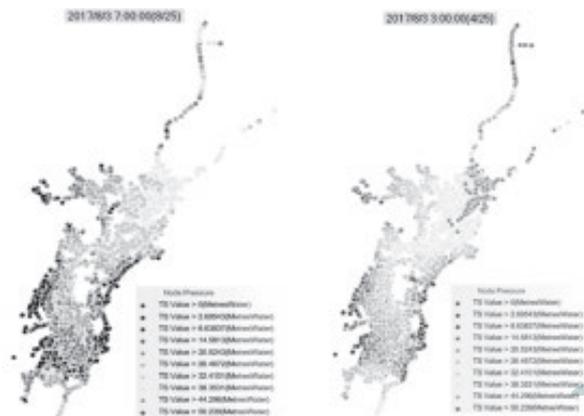


图6 模型模拟高峰供水(早7点)和夜间低谷供水(晚3点)的压力分布

4.2 DMA 三级分区规划

基于宁海供水管网分布和现状供水情况,考虑供水管网范围内的天然屏障或城市建设中的人为障碍,以及现有流量计安装情况,将宁海供水管网分为3个一级DMA分区。一级分区边界新装4个流量计(含压力监测),关闭2个阀门。

在一级分区基础上,划分更加细致的二级分区。二级DMA区域的规划需要考虑现有水厂、加压站的供水加压能力、管道现状、区域内用水类型等,同时尽量将区域的分界线划分在供水主干管上。遵循流量计便于安装和数量最少的原则,同时,优先考虑将方便安装流量计的地段作为区域分界线。最终确定,将宁海供水管网分为12个二级DMA分区,需要在一级DMA分区基础上再新装14个边界流量计(含压力监测)并且关闭6个边界阀门。

三级分区为二级分区中相对独立的居民小

区或用水场所,通常位于管网末端,为边界清晰且入流管明确计量的小区。三级分区的划分便于进一步查明各供水区域内部的产销差水平。区域大小可按用户数来分区,一般为1000户以下居民;也可按管网长度20-30km来分区。最终,选择了36个封闭的小区作为三级分区漏损控制的试点,用来监测小区漏损水平和实施漏损控制措施。

三级DMA分区规划图如图7所示。

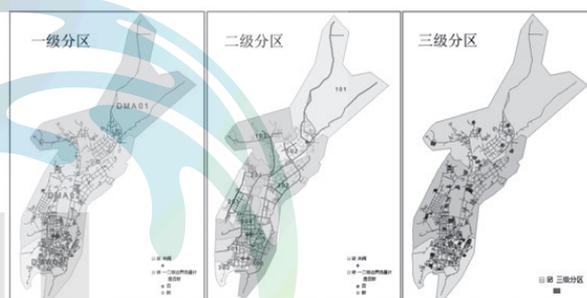


图7 宁海县三级DMA分区规划图

在DMA分区过程中因关闭管线中的一些阀门,可能会对供水系统水压造成不利影响,同时因水流过程受阻,可能会出现水流方向改变,流速增大等情况。利用水力模型对分区规划后的管网进行模拟计算,以确保分区建置后管网中压力、流速和水质满足要求。通过图8的分区前后压力比较可以看出,管网的压力布局基本保持不变,而且出现好的效果是分区后使局部高压区域的压力稍有降低。管道的流速基本保持不变,关阀后会使得部分管道的流速变大,但仍保持在经济流速范围内;同时,水力模型可以找到受到关阀影响的反流管线,反流管线在短时间段内可能会造成管内水质恶化,需要引起管线维护人员的关注。

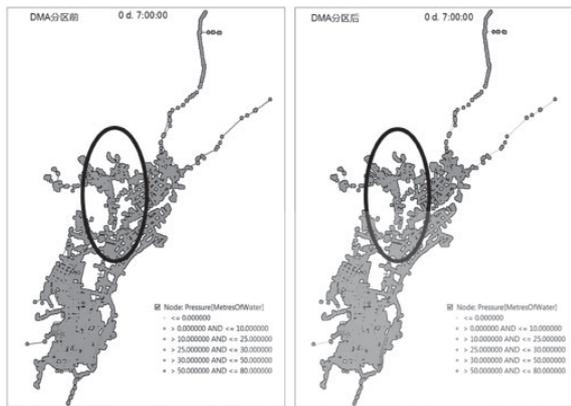


图8 DMA分区建置前后压力分布比较图

4.3 压力管理建议

宁海县压力分布跨度大,从十几米到四十几米,针对宁海压力管理提出以下三点建议:

(1) DMA分区综合考虑地面高程及压力变化情况,针对压力较高或者较低区域可采取相应减压或增压措施;

(2) 通过漏损监测系统,实时统计比较每个DMA区域内的平均压力,有助于定位压力偏高的区域,实施降压降漏;

(3) 针对局部高压区域可单独划分一个三级DMA,通过安装减压阀来降低该区域压力。

5. 结论及建议

本文结合宁海县实际应用案例,说明了水力模型在漏损计量分区(DMA)规划中的作用和意义。

(1) 建议将水力模型融入到DMA分区规划的前期,它可以辅助决策者科学合理地进行分区,确定硬件采购数量及关阀的位置,并且可以预测关阀后对供水系统的

压力、流速和流向等水力方面的影响,做到心中有数。

(2) DMA初步方案确定后,业主有必要针对方案中每一处新装流量计和关阀位置进行现场调研,确定实施的可行性,并根据调研情况对规划方案进行调整,最终确定可实施方案。

(3) 水力模型的功能不仅限于漏损计量分区,而且在管网规划设计、报警预警、日常异常调度运行中也可以发挥重要作用。

参考文献:

- [1] Malcolm Farley. 无收益水量管理手册[M]. 同济大学出版社. 2011:66~80
- [2] 严煦世,刘遂庆. 给水排水管网系统[J]. 北京. 中国建筑工业出版社. 2004.7. 43~80
- [3] 赵洪宾,严煦世. 给水管网系统理论与分析[J]. 北京. 中国建筑工业出版社. 2003.9. 153~175
- [4] Thomas M.Walski. 等 高级供水系统建模与管理[M]. 北京. 中国水利水电出版社. 2016.3. 222~224
- [5] 城镇供水管网分区计量管理工作指南——供水管网漏损管控体系构建(试行)[S]. 2017:6~7

作者通联: wya@dhigroup.com