

水力模型在保障上海进博会供水安全中的应用

王艳¹ 李乔¹ 赵洋²

(1. 丹华水利环境技术(上海)有限公司, 上海 200235;

2. 上海城投水务(集团)有限公司, 上海 200235)

摘要: 为保障上海进博会期间的供水安全, 本文介绍了进博会所在区域(青东)的水力模型建设思路以及建设过程; 并且基于水力模型进行了实际的应用分析, 包括: 正常情况下的水力水质分析以及典型突发情况下的水力水质分析和应急响应措施, 从而为会议期间的管线巡检、调度运行等方面提供了决策依据。

关键词: 水力模型; 水力分析; 水质分析; 异常分析

DOI:10.14143/j.cnki.czgs.2020.03.011

1. 引言

为服务于首届中国进口博览会, 利用现有的数据, 充分发挥大数据整合分析的能力, 历时近4个月, 开发了会展中心所在区域(青东)内的供水延时动态水力模型。该模型经过校核, 在压力校验及流量校验上基本符合上海市地方标准要求, 能够用来进行实际的调度、管网安全运行的模拟。

通过模型, 初步模拟了出厂管道停用、核心区周边管线部分停用的运行工况。同时还展示了整个区域的压力、流量分布图, 综合评估了全区的管网运行状况, 为会展期间的管线巡检工作提供了较明确的方向。

本次建模运用的平台软件为 MIKE URBAN 管网模拟软件, 能较好的兼容 GIS 系统, 在此规模的模型(13800个节点左右)使用中, 运行速度也较快。

2. 青东水力模型建设

2.1 建设思路的确定

2012年原市南公司曾建设过此区域模型^[1-2], 在本次建模中, 有两种模型建设思路: 沿用已有模型, 根据现有情况对模型进行更新修正; 重新建设新青东模型。通过对管网拓扑、节点流量分布等情况的对比分析, 确定建设思路为重新搭建水力模型。主要考虑以下几点:

拓扑结构对比: 2017年相比2012年拓扑结构有了较大变化, 徐泾新水厂的投入运行, 出厂管的增容, 以及新风溪泵站的投入, 如图1所示。

区域水量对比: 通过热力图直观地对比分析2012年和2017年区域水量(块水量)分布(图2), 很明显, 两者的密度差异性较大, 分布也有所变化。

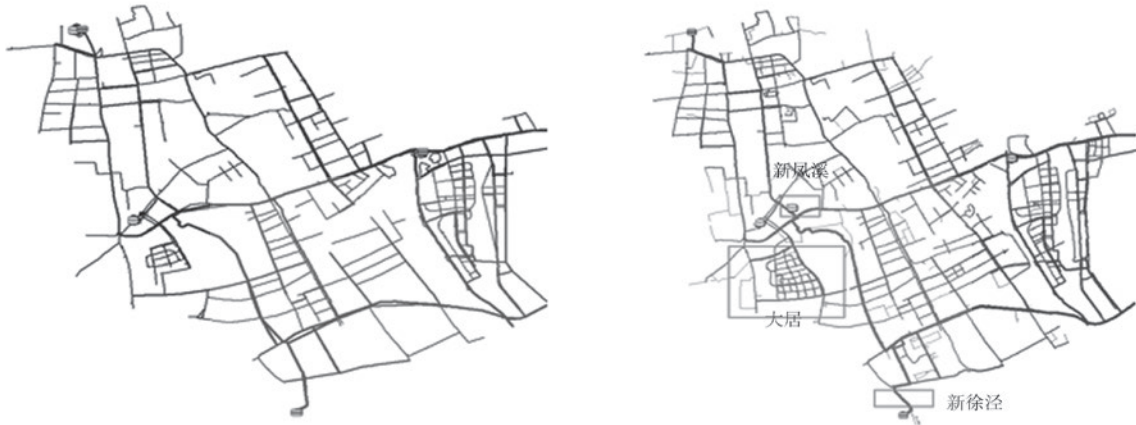


图1 2012年(左)与2017年(右), GIS资料上青东所区域的拓扑变化

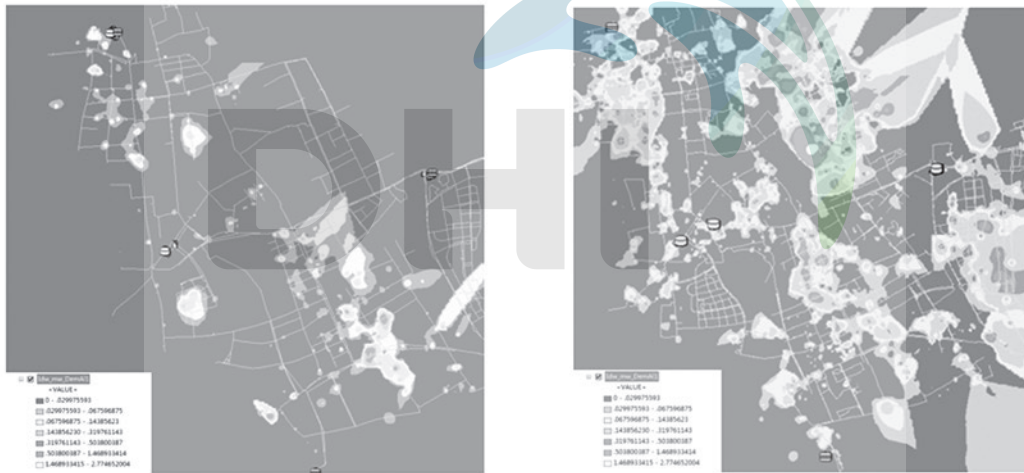


图2 2012年(左)与2017年(右)区域水量(块水量)分布图

另外,青东区域作为一个独立计量区域,有利于模型的后期检验。整个青东所管辖区域的边界流量计有7个(可作为模型输入),同时,还有13个二级流量计和18个压力测点作为模型校核数据。流量和压力测点分布如下图3所示。

最终,确定建立青东所区域延时动态水力模型,模拟时长24小时,模拟步长15分钟,

选取2017年11月6日的管网调度运行数据作为模型的输入和校验数据。

2.2 模型建设过程

在模型建立的过程中,充分利用目前已有的GIS系统、营业账务系统、SCADA系统及流量计系统,下面将从拓扑构建、节点流量、在线数据分析与控制等方面描述模型构建的关键点^[3-4]。



图3 青东片区压力、流量测点分布

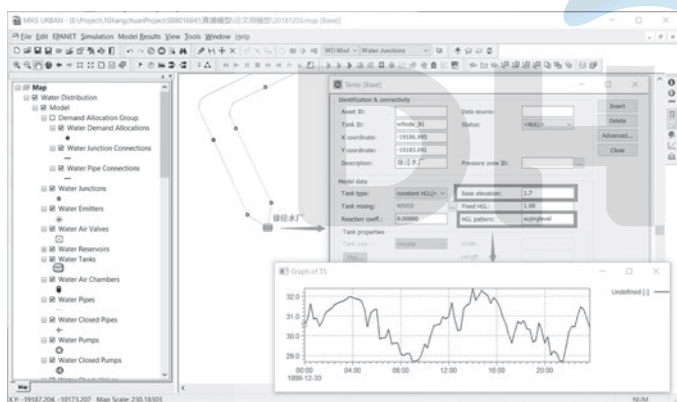


图4 徐泾水厂在软件中的设置

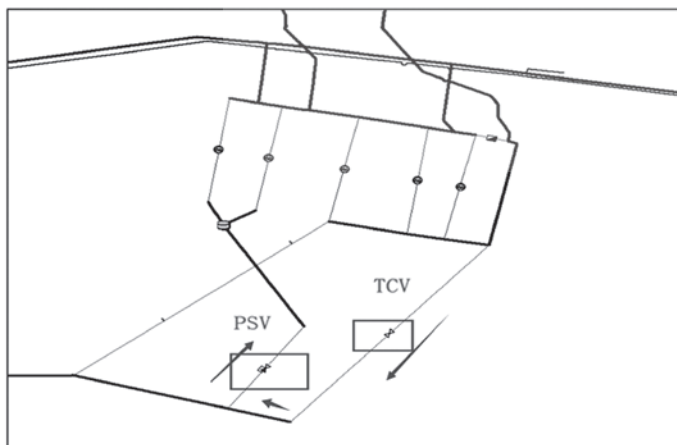


图5 水库增压泵站在模型中的概化

2.2.1 管线、水厂、水库泵站的拓扑构建

管网拓扑数据以 GIS 系统中 2018 年 3 月为基础,保留了全部 DN200 及以上管线,并且对于小于 DN200 但有连接成环的管线也做了保留处理。

徐泾水厂是该区域唯一的水厂,采用已知出厂管压力的方式进行模拟,出厂压力通过 SCADA 系统查询获取,并输入到模型中。如图 4 所示。

该区域有三个水库增压泵站,以某一泵站为例分析,该泵站包括 2 台水库泵和 3 台增压泵,在实际调度运行中,夜间用水量少,通过水库前的阀门调度,由徐泾水厂向水库中输水;白天用水高峰时段,开水库泵,补充泵站附近用水量。在模型中,调度阀门通过 TCV (流量控制阀) 与 PSV (压力维持阀) 的设置进行概化处理 (图 5 所示);特别是 TCV 的开度损失系数采用的是局部损失的计算公式 (1) 进行推算得出。

$$\Delta H = \delta \cdot \frac{v}{2g} (1)$$

式中: ΔH ——压力差 (m), 通过入库压力与水库水位之差得出;

v ——流速 (m/s), 通过入库流量与管道断面之商得出;

g ——重力加速度, 9.8m/s^2 。

2.2.2 节点流量的分配

如何准确地分配好节点流量,并拟合合适的用水模式曲线,是模型是否精准的关键所在。模拟当日青东所整体

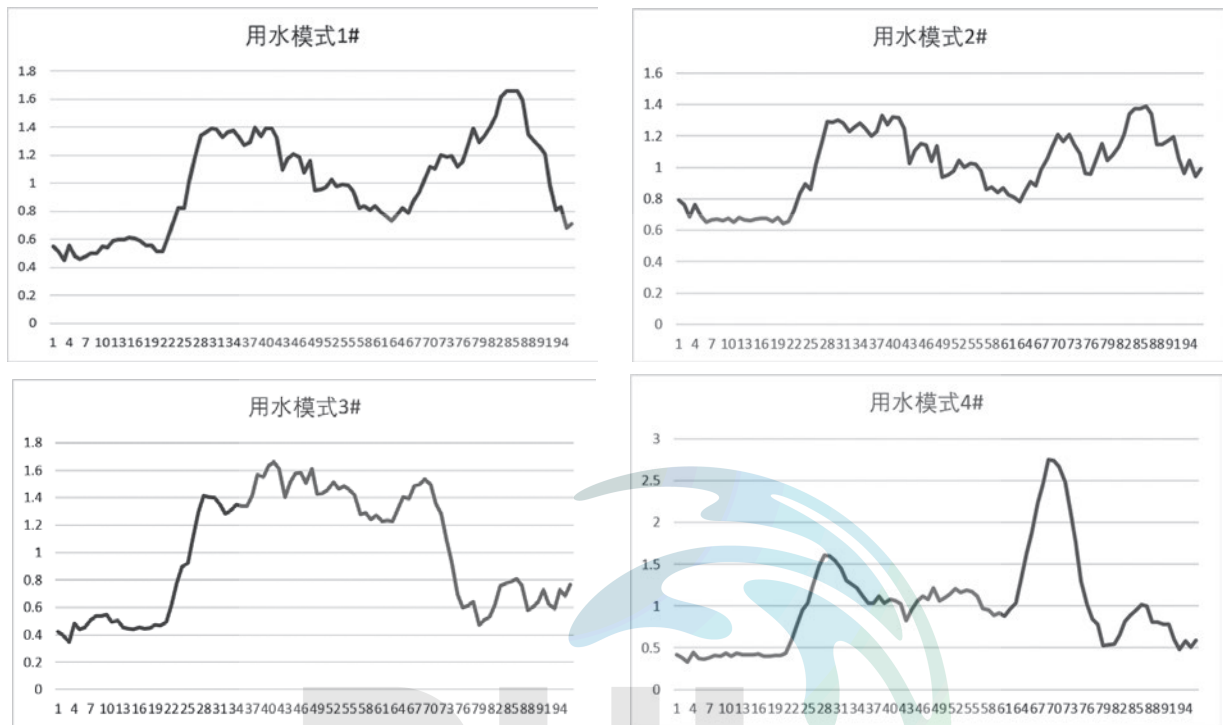


图6 部分用水类型变化曲线

水量是 22.37 万 m³，徐泾水厂供水量是 16.27 万 m³，边界补给量是 6.1 万 m³。部分水量没有定位信息，采用以下两种方法进行分配：

有定位信息水量分配的方法：利用水表与地址门牌进行匹配定位方法，可以将 70% 以上的用户（约 90% 的水量）匹配到相应的坐标点上；然后，根据坐标位置，将用户水表与模型最近节点相匹配；最后，再与营业收费系统关联，将模型所需的相关信息进行导入，包括：用户变化、用户名称、用水量及用水类型。

没有定位信息水量分配的方法：没有定位信息的水量包括剩余 10% 没有坐标信息的计量水量以及无计量水量。这部分水量通过“管

线密度法”进行一次性分配。

考虑近几年青浦区用户性质变化不大，本次用水模式沿用 2012 年 1 ~ 12 类用水模式。用水模式共有 11 中类型，部分类型变化曲线如下图 6 所示。

2.2.3 模型校验

采用 2017 年 11 月 6 日的实际数据进行建模校验。从下表 1-2 可以看出，压力和流量模拟校验结果均满足上海市地方标准（DB31/T800-2014 城镇供水管网模型建设导则）^[5]。图 7 所示会展中心（国展）压力点的实测值与模拟值比较，吻合度较好。根据模型校验结果，该模型可以用于具体方案分析。

表1 压力测点校核

测点名称	类型	实测值	模拟值	差值
J华新徐泾 01A	压力	21.0	20.7	0.3
J华新徐泾 02A	压力	20.6	20.5	0.1
J华新徐泾 03A	压力	20.5	20.8	0.3
J华新徐泾 04A	压力	21.2	20.9	0.3
J华漕徐泾 01A	压力	19.5	21.5	2.0
华益	压力	19.0	17.8	1.2
华新	压力	19.3	18.1	1.2
纪西	压力	19.8	18.8	1.0
火星	压力	20.0	19.4	0.6
白杨	压力	20.7	20.1	0.6
华宇	压力	20.2	20.6	0.4
国展	压力	20.8	21.6	0.8
徐乐	压力	20.1	20.3	0.2
进奄	压力	22.2	21.8	0.4
金水	压力	21.6	22.2	0.6
广虹	压力	21.0	22.4	1.4
青东	压力	19.1	18.0	1.1
华翔水位	水位	3.6	3.8	0.2

表2 流量测点校核

测点名称	类型	实测值	模拟值	相对误差
徐泾水厂流量	出厂流量	1893.8	1871.9	1.15%
J华漕华新 03Z	管道流量	222.5	255.89	15.01%
J华新徐泾 04A	管道流量	406.0	470.1	13.64%
J华新徐泾 06A	管道流量	1.4	1.3	7.14%

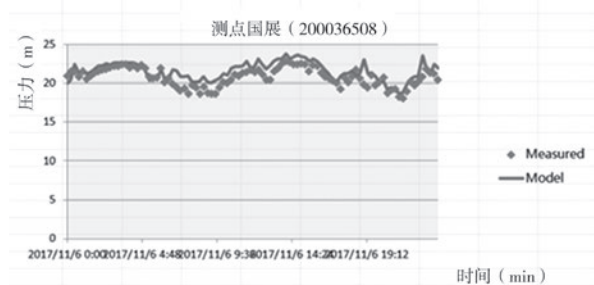


图7 会展中心压力测点校核对比图

3. 模型分析与应用

3.1 青东区域水力分析

下页图8、9分别模拟了青东区域晚高峰时刻(18:15)的压力分布和流速分布。综合评估青东区域高峰供水时刻压力分布均匀,整体输出运行良好的状态。但是区域部分主干管

2020年第3期

线存在流速偏低（小于 0.5m/s）的情况，绝大部分小区管网的流速也较低（小于 0.1m/s）（如图 9）。



图 8 青东区域晚高峰时刻（18:15）压力分布



图 9 青东区域晚高峰时刻（18:15）流速分布

3.2 青东区域水质分析

下图 10 展示了青东区域水龄分布。可以看出绝大部分管线的水龄都在 1d 内，距离水厂较近的管线 10h 内即可到达，只有部分管网末梢处由于流速偏低，水龄大于 24h。

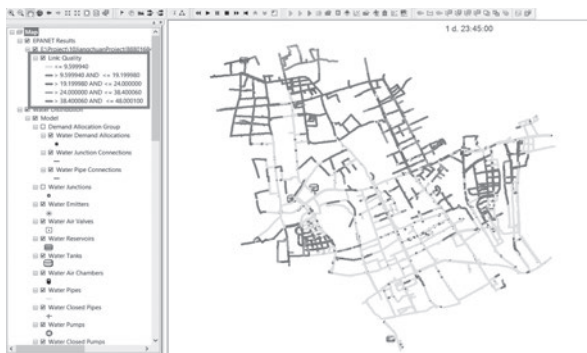


图 10 青东区域水龄分布

3.3 突发事件应急响应

通过模型可以模拟各种水力水质突发事件，并针对突发事件采取应急响应措施。本次项目分别模拟了徐泾水厂管线停用、突发爆管事故情况下的管网运行状况，并提出了应急措施的建议。

3.3.1 徐泾水厂 DN1000 出厂管线停用

假设徐泾水厂其中一根 DN1000 出厂管停用，DN1200 的流速明显增大，压降也会增大；部分区域形成小于 16 米的压力，但国展中心的压力可以保障在正常范围之内。如图 11 所示。此时，只要增开华翔路增压泵，即可保证青东区域压力处于正常范围。



图 11 徐泾水厂 DN1000 管停用，应急响应措施

3.3.2 爆管关阀对国展的影响

假设国展中心周边某路 DN500 管发生爆管事故并关闭附近阀门，模拟国展压力及水流方向的变化。经模拟，关阀前后对国展压力影响不大，但是水流方向相反，因此关阀后有可能引起水质的波动，必要情况下可以对水流反向管线采取放水操作。

4. 总结

为保障上海进博会期间的供水安全,本文介绍了进博会所在地青东区域的水力模型建设思路以及建设过程,结合实际应用,进行了青东区域的水力、水质分析以及突发事件应急响应,为管线巡检、调度运行等方面提供了决策的依据。然而,模型还存在一些需要细化校核的地方,例如,将徐泾水厂的水泵纳入模型,可详细分析泵站间的联合调度情况;用水模式的分析还需要结合大量的在线水表数据做进一步分类和更新工作。

参考文献:

[1] MIN ZHOU, BING HAN, ZHENG YU YANG, et al. MODELLING OF WATER

DISTRIBUTION SYSTEM IN SHANGHAI SOUTH WATER COMPANY. 9th International Conference on Hydroinformatics, Tianjin, CHINA, 2010: 519 ~ 527

[2] 杨正宇. 供水管网数值模型在特大城市的建立 [J]. 水利产业研讨会. 2010: 228 ~ 233

[3] 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

[4] 赵洪宾, 严煦世. 供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

[5] DB31/T 800-2014 城镇供水管网模型建设技术导则 [S]. 北京. 中国标准出版社. 2014: 8 ~ 9

作者通联: wya@dhigroup.com

(上接第 60 页)

在暗渠施工中,薄弱环节和关键部位是变形缝橡胶止水带,因此,必须高度重视和重点防控。可从以下几方面进行管理:加强原材料质量控制,强化施工现场的成品保护,对施工人员进行技术交底,切实落实“三检制”,采取有效的施工方法和施工设备。

参考文献:

[1] 刘治峰, 王磊, 李进亮, 张江然. 南

水北调中线天津干线工程混凝土输水箱涵施工技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 6: 152 ~ 253

[2] 焦永达. 给水排水构筑物工程施工新技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 10: 457 ~ 563

[3] GB 50141-2008, 给水排水构筑物工程施工及验收规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009. 2

作者通联: 912112793@qq.com