



应用管网水力模型辅助制定供水调度方案

王艳¹ 潘兴忠² 郑祎¹ 洪德松¹

(1. 丹华水利环境技术(上海)有限公司(DHI 中国), 上海 200032; 2. 德州市供水总公司, 山东德州 253000)

摘要: 新水厂的通水运行往往会给水司带来多水厂联合调度的问题, 如何制定经济合理的调度方案则是摆在决策者面前的难题。本文以德州市供水系统为例, 采用 MIKE URBAN 搭建高峰及低谷时段的静态模型分析多种调度预案, 从预案的合理性和节能角度考虑进行多方案优选, 并模拟两水厂高峰及低谷时段的供水边界, 从而辅助调度, 制定科学有效的调度方案。

关键词: 供水管网 水力模型 优化调度 供水边界

DOI:10.14143/j.cnki.czgs.2015.05.013

1. 引言

德州市在第四水厂投产前仅有一个第三水厂对城区供水, 单水厂供水安全性差, 而且随着东部地区的发展建设, 水量、水压已不能满足日益增长的用水需求。新建的德州市第四水厂位于德州经济开发区抬头寺乡吴寨村西北侧, 建设规模为日供水 11 万立方米。第四水厂可以逐步减轻第三水厂的压力, 配合完善德州市安全供水模式, 起到东西平衡、互为补充的格局, 高铁新区、经济技术开发区、德城区和运河经济开发区四区供水联网, 双厂联供, 提升供水保障率, 保证城市供水安全。



图 1 第三、四水厂在供水系统中的位置

两大水厂在供水系统中的位置如图 1 所示。

针对第四水厂运行后与第三水厂的联合调度问题, DHI 借助供水管网静态水力模型^[1-2]为德州市供水总公司提供了以下解决方案:

1) 第四水厂投入运行后, 制定与第三水厂水泵组合的运行方式(高峰时段和低谷时段), 并找出能满足供水需求且较为经济节能的运行方式^[3];

2) 模拟第三、四水厂的供水分界和供水范围。

2. 现状分析

现状分析主要包括第三水厂的出厂流量和压力分析。

2.1 出厂水流量分析

从图2可以看出,第三水厂3月份的供水量具有明显的规律性,0点到6点水量较少,从7点开始用水量增大,一直到晚上23点;用水高峰集中在早上7点到12点以及晚上18点到22点。通过具体数据统计得出全天最高时变化系数为1.25,最低时变化系数为0.64。

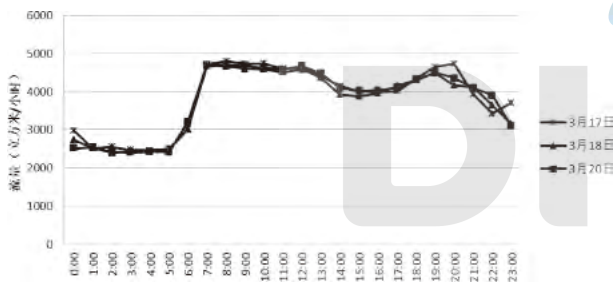


图2 第三水厂3月份出厂水流量变化曲线图

2.2 出厂水压力分析

第三水厂的出厂压力变化趋势与流量相类似。如图3所示。晚上0点到6点压力稳定在30米左右,从早上7点到晚上23点,供水压力比较高,介于40米到50米之间;压力高峰集中在早上7点到13点以及晚上18点到22点。

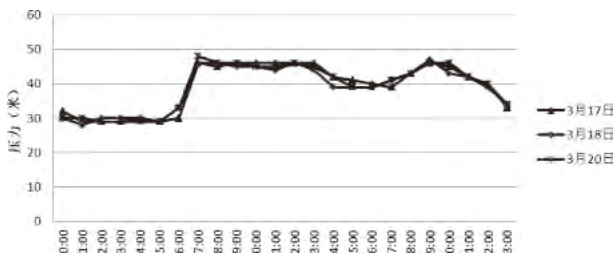


图3 第三水厂3月份出厂水压力变化曲线图

3. 解决方案

第四水厂在2014年5月份正式通水运行,基于当年3月份现状分析,首先预测5月份的需水量;然后通过高峰和低谷时刻的模型,制定不同的调度方案;最后通过方案比较,得出较为经济合理的方案,并模拟两个水厂的供水边界。

3.1 需水量预测

从图4中可以看出,近四年来德州市年供水量呈现明显的增长趋势,从每年3月到12月,月供水量具有较强的规律性,经2011~2013年统计数据得出,5月份的平均供水量为3月份的1.08倍。因此根据3月份的月供水量,预测5月份的月供水量为2815174.214立方米,即平均水量为3783.84m³/h,由现状分析知,高峰和低谷时刻的变化系数分别为1.25和0.64,预测5月份高峰时和低谷时的供水量分别为4729.8m³/h和2421.66m³/h。

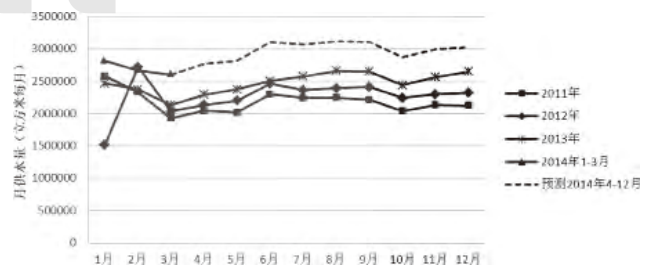


图4 2011年~2014年月供水量变化曲线

3.2 调度方案制定

3.2.1 高峰时段调度方案

第四水厂运行后,高峰时段的供水格局建议如下:

第四水厂供河东开发区和高铁新区;

第三水厂供市区、天衢区和商贸区

根据拟定的供水格局,将制定以下调度方案,见表1,由于商贸区位于德州市西部,属于低压片区,该区域用水均采用二次供水,高峰时段,压力

· 自动化与信息技术 ·

只要达到 8 米就能满足要求；虽然第四水厂供水能力较强，但是由于东西向联络管建设不够完善，供水范围很难覆盖到商贸区域，因此，只有开足第三水厂水泵，才能维持当前商贸区的压力。相反，第四水厂是新建水厂，厂内水泵均为变速泵，可调节范围比较大。通过模型模拟来确定较优的调度方案。以下将以方案 1 为例进行详细分析。

表 1 第三水厂和第四水厂调度方案列表

方案	第三水厂开泵情况	第四水厂开泵情况
方案 1	一大泵二小泵，全开	一大泵（全开）
方案 2	一大泵二小泵，全开	一大泵（调频 48HZ）
方案 3	一大泵二小泵，全开	一大泵（调频 45HZ）

两水厂模拟结果：第三水厂出厂流量为 3657m³/h，压力为 45.67m；第四水厂出厂流量为 1070m³/h，压力为 55.56m。整个区域的压力都在 10 米以上，压力最低的两个区域为天衢区和商贸区，其最不利点的压力分别为 10.69m 和 11.64m，与当前实际运行压力相符。

图 5 方案 1 水泵能耗表

由图 5 可知，第三水厂水泵按平均效率 75% 计算，三台水泵的能耗为 631.77kwh；第四水厂水泵效率为 85.81%，水泵能耗为 193.83kwh。

3.2.2 低谷时段调度方案

第四水厂运行后，低谷时段的供水格局建议

如下：

第四水厂供河东开发区、高铁新区和部分市区；第三水厂供市区、天衢区和商贸区

根据拟定的供水格局，将制定以下调度方案，见表 2。并通过模型模拟来确定最优调度方案。以下将以方案 1 为例进行详细分析。

表 2 第三水厂和第四水厂调度方案列表

方案	第三水厂开泵情况	第四水厂开泵情况
方案 1	一大泵，调频 40HZ	一大泵，调频 40HZ
方案 2	一大泵，调频 40HZ	一大泵，调频 38HZ
方案 3	一大泵，调频 38HZ	一大泵，调频 38HZ

两水厂模拟结果：第三水厂出厂水流量为 1678m³/h，出厂水压力为 26.14m；第四水厂出厂水流量为 750m³/h，出厂水压力为 38.35m。整个区域的压力都在 14 米以上，压力最低区域为商贸区，其最不利点的压力分别为 16.07m，与当前实际运行的压力相符。

图 6 方案 1 水泵能耗表

由图 6 可知，第三水厂水泵效率为 75%，水泵能耗为 173.08kwh；第四水厂水泵效率为 66.08%，水泵能耗为 113.73kwh。

3.3 经济合理性分析

按照 3.2 节的分析思路，对高峰时刻和低谷时

表 3 高峰时段调度方案结果对比表

比较参数 方案编号	三厂流量 (m ³ /h)	三厂压力 (m)	四厂流量 (m ³ /h)	四厂压力 (m)	最不利点压力 (m)	三四厂总能耗 (kwh)	吨水电耗 (kwh/t)
方案 1	3657	44.67	1070	55.56	10.69	825.60	0.175
方案 2	3737	44.93	986	51.85	9.79	808.39	0.171
方案 3	3874	43.65	842.7	46.55	8.28	789.22	0.167

表 4 低谷时段调度方案结果对比表

比较参数 方案编号	三厂流量 (m ³ /h)	三厂压力 (m)	四厂流量 (m ³ /h)	四厂压力 (m)	最不利点压力 (m)	三四厂总能耗 (kwh)	吨水电耗 (kwh/t)
方案 1	1678	26.14	750	38.35	16.07	286.81	0.118
方案 2	1738	25.34	689	35.01	15.27	275.56	0.114
方案 3	1675	22.36	746	34.42	12.51	241.40	0.100

刻的其他方案也做同样的分析，最终得到的分析结果如表 3 和表 4 所示。

通过以上两张表格得出结论：

1) 高峰供水时段，对于第四水厂一台大泵全开、调频 48HZ、调频 45HZ 这三种情况，都能满足压力需求，最不利点压力与当前测点压力基本相符；随着水泵频率的调低，第四水厂供水量依次减少，出厂压力也依次降低，其中方案 3 中两个水厂出厂压力基本持平；另外，对于能耗来说，三个方案中随着第四水厂调频的降低，总能耗和吨电耗也随之降低。

2) 低谷供水时段，三、四水厂各开一台大泵可以满足全市区夜间供水压力需求。通过两台水泵不同调频的方案比较分析，三厂水泵调频的降低将会影响最不利点的压力，例如，三厂调频 40HZ 时，最不利点压力均在 14 米以上，方案三调频降为 38HZ 时，最不利点压力小于 14 米水头；另外，四厂水泵的调频范围较大，在三厂相同频率的情况下，随着四厂水泵频率降低，总能耗和吨电耗也相应降低。

3) 无论高峰还是低谷时段，方案 3 是最为经济合理的调度方案。

3.4 供水边界模拟

供水边界是多个水厂共同供水的情况下形成的，通过供水边界模拟，不仅可了解多个水厂的供水范围，而且可以掌握供水边界区域的水质问题，流速低、水龄长，应格外引起重视。

图 7 模拟的是高峰供水时段方案 3 的供水边界，第三水厂的供水范围包括了市区、商贸区、天衢区

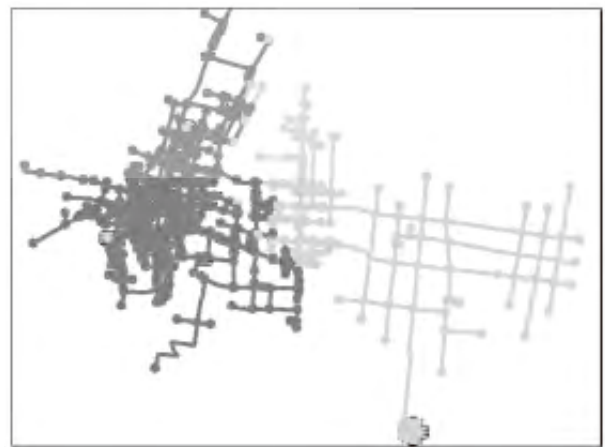


图 7 高峰供水时段方案 3 中的三、四水厂供水边界

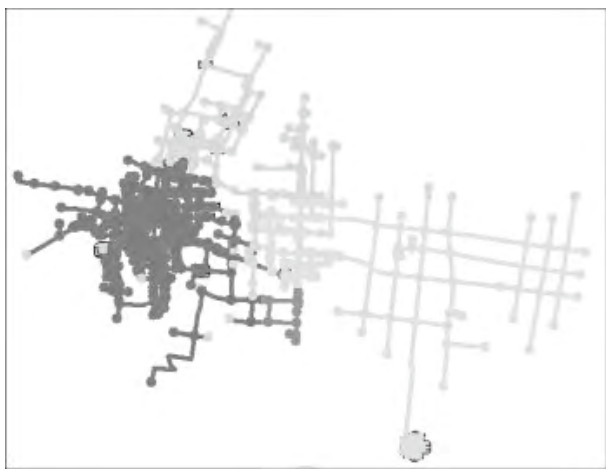


图8 低谷供水时段方案3中的三、四水厂供水边界

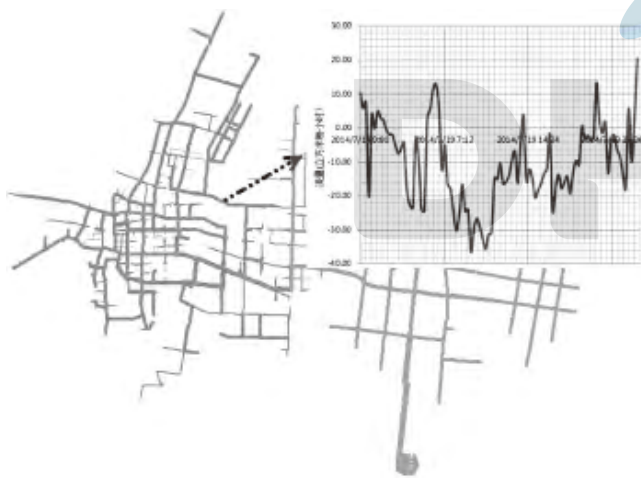


图9 供水边界面处实测流量变化曲线

以及河东部分区域；供水边界从北向南从西向东途经河东的广川大道——大学路——长河大道——东风路——晶华大道。

图8模拟的是低谷供水时段方案3的供水边界，第三水厂的供水范围包括了市区、商贸区以及河东部分区域；供水边界从北向南从西向东途经大学路——滨海路——天衢路——广川大道——东风路——晶华大道。

第四水厂运行后，通过高峰和低谷实测压力分

布图和分界面处的流量曲线（如图9）分析，压力由水厂向供水边界面逐渐降低，并且边界联络管处的流量变化呈现正负交替的现象。由此验证模型模拟供水边界的准确性。

4. 结论建议

多水厂泵站优化调度是供水企业经常遇到的问题。目前，绝大多数水司的调度模式还处于经验调度阶段，经验调度往往从供水安全性角度出发，对于调度方案是否经济合理却无从考证，管网水力模型可以将理论与实践相结合，辅助决策者进行调度方案分析，优选较为经济合理的调度方案，从而做到心中有数，胸有成竹。

本文利用管网水力模型，对新水厂运行后的调度方案做了详尽的比较分析，为决策者提供了科学的理论依据，同时，为使管网模型更好地服务于德州市供水调度，本文提出以下几点建议：

1) 第四水厂是新水厂，供水能力较强，建议通过增加两水厂间的联络管来提高第四水厂的供水量，扩大其供水范围，从而减轻第三水厂的供水负荷；

2) 建议建立德州市动态延时模型，模拟全天24小时的调度情况，通过全天能耗计算实现整个管网的优化调度。

参考文献：

- [1] 王艳，潘兴忠等．应用供水管网水力模型解决德州市大用户水量不足问题[J]．城镇供水，2012年第4期．
- [2] 王艳，潘兴忠等．供水管网水力模型在水库泵站设计中的应用[J]．城镇供水，2014年第3期．
- [3] 赵洪宾，严煦世．给水管网系统理论与分析[M]．北京，中国建筑工业出版社．

作者通联：021-64172008