

技术总结

南方某城市供水管网系统三层分区控漏实践

孙国胜^{1,2}, 高金良³, 姚芳³, 刁美玲³

(1. 广东粤海控股集团有限公司, 广东 深圳 518021; 2. 广东粤港供水有限公司, 广东 深圳 518021; 3. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 针对中小城市供水管网分区对供水的管理,提出了供水管网三层分区(调度分区、压力分区、DMA分区)方法,形成了“自中间向两边”的供水管网多级分区综合体系。以南方CP市供水管网为例,首先对城市供水管网的管段进行聚类分析确定二级分区,并优化减压阀设置降低漏失率;然后在二级分区的基础上,合理规划水源供水,优化泵组调度系统,实现一级分区;最后细化二级分区形成流量计量的三级分区,实现漏失定位。

关键词: 供水管网; 漏失控制; 三层分区; 调度分区; 压力分区; DMA分区

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)03-0042-04

Leakage Control of Three-level Partition for Water Supply Network System in a Southern City

SUN Guo-sheng^{1,2}, GAO Jin-liang³, YAO Fang³, DIAO Mei-ling³

(1. Guangdong Holdings Limited, Shenzhen 518021, China; 2. Guangdong Yuegang Water Supply Co. Ltd., Shenzhen 518021, China; 3. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Based on the significance of small and medium-sized city water supply network partition for water supply management, three-level partition of water supply network, including scheduling partition, pressure partition and DMA partition was put forward to form the water supply network multistage partition comprehensive system of “from middle to both sides”. With the CP city water supply network as example, the urban water supply network was clustered to determine the secondary partition, and leakage rate was reduced by optimizing the setting of relief valves. Based on the secondary partition, the water supply was rationally planned and pumps scheduling system was optimized to realize the primary partition. Meanwhile, the third partition was formed by refining the secondary partition to find the leakage location.

Key words: water supply network; leakage control; three-level partition; scheduling partition; pressure partition; DMA partition

我国城市供水管网漏失严重,已造成巨大的水 资源和能源浪费,因此降低供水管网漏失是亟待解

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51278148); 广东省教育部产学研结合项目(2011A090200040); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2014ZX07405002)

决的问题。国内外学者发现,通过分区供水方法可以实现供水管网漏损管理。目前,我国大部分管网分区是人为划分片区(如行政管理区域划分),主观性较强,因此划分的分区具有局限性。针对我国以环状管网为主的特点,笔者提出了“自中间向两边”的分区体系,即先确定二级分区,然后再确定一级分区,最后从二级分区内划分三级分区。

1 工程背景

CP市供水服务面积为110 km²,该市地势较为平坦,地势最大高差约为20 m,地形总体呈四周高中间低。水厂主要集中在城市东郊,供水路线长,西郊用户压力不足。该市供水管网系统主要由两座水厂(第一水厂、第二水厂)、300 km供水管线及1 022个阀门等构筑物组成。两座水厂总供水量约为21 × 10⁴ m³/d。DN200以上水表均采用电磁流量计,抄表到户的用户约为7 000户。为了对CP市供水管网进行三层分区管理,已建立满足漏失控制要求的供水管网微观动态水力模型。

2 二级压力分区

二级分区的划分是减压阀优化控制漏失的基础。首先利用聚类分析法对城市供水管网的管段进行分析,将压力变化和地形起伏不大的区域规划为小区域;然后以分区为单元建立城市供水管网减压阀优化控制漏失的城市管网模型,对建立的管网模型进行减压阀设置优化,从而有效降低局部过剩压力,减少漏失量,实现管网漏失控制。根据优化算法中的动态规划理论,本次阀门优化控制管网漏失主要包括两层优化:第一层,减压阀在城市供水管网中的优化布置,包括位置和数量的优化;第二层,在减压阀优化布置后,整个控制阀系统的优化运行调节,即在不同运行状态下,对阀门开度进行优化。

2.1 二级分区实施过程

二级分区具有均衡输配水管网压力的功能,其主要目的是根据压力和漏失关系,通过优化调控管网压力,降低管网漏失。一般由DN300~600输配水管网组成,具体分区步骤如下:

① 对CP市供水管网进行拓扑分析,结合人工分区经验进行初步分区,并对初步二级分区方案进行动态模型模拟。

② 对压力不平衡的区域重新分区,形成二级分区方案。将CP市划分为10个二级子区域,如图1所示。



图1 二级分区方案

Fig. 1 Secondary partition scheme

③ 利用夜间最小流量法对每一个二级子区域进行降压潜力测试,分析其降压空间。当降压潜力>5 m(约49 kPa)时,在入口安装减压阀,降压潜力测试结果见表1(1 m水柱产生的压力约为9.8 kPa,下同)。

表1 降压潜力测试结果

Tab. 1 Test results of potential pressure-down

项目	最高日水量/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	最不利点 水压/m	降压潜力/ m
一区	0.58	19	0~3
二区	0.34	22	2~4
三区	0.14	38	15~17
四区	0.39	34	11~14
五区	0.73	25	5~11
六区	0.12	30	9
七区	0.88	27	7~11
八区	0.53	30	10~15
九区	0.36	25	5
十区	0.63	26	6~11

④ 由表1可知,三~十区的降压潜力较大,可在其入口安装减压阀;一、二区的降压潜力较小,可作为管理分区。

2.2 分区效果评价

按照分区方案对CP市进行现场改造,并在其中2个较为合适的二级分区入口(一区、二区)处修建2座减压站,通过减压阀自动优化运行降低二级分区漏失率。其中一区于2014年初开始进行分区改造,2014年4月15日在区域入口处安装减压阀完毕,至4月30日减压阀一直处于全开状态,以监测记录流量与压力数据。5月1日开始实施压力控制策略,对比安装减压站前后3个月的数据(见图2)可知,1月—4月由于分区改造、减压站运行、部

分管段进行更换、改变拓扑连接等原因,该区域水损量、漏失率基本呈下降趋势(由于2月供水量降低较多导致漏失率增加,4月发生爆管等导致水损量增加),但降低幅度不大;5月由于减压站实施减压控制策略,水损量和漏失率大幅降低,说明二级分区结合减压站压力控制可有效降低漏失率。

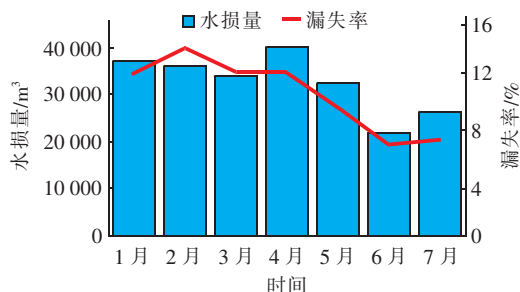


图2 一区2014年1月—7月水损量及漏失率变化

Fig.2 Variations of water loss and leakage rate of Area 1 from January to July in 2014

3 一级调度分区

一级分区主要是优化泵组调度系统,通过合理规划水源供水分区边界,改变原有水源最不利点(关闭分区边界阀门,使各水源独立供水),并结合泵组优化调度(使单位能耗大的水源少供水,单位能耗小的水源多供水),实现节能降耗的目标。国内某些城市已经进行了一级分区,但通常只起到计量作用,漏失控制等功能无法实现^[1]。本文结合管网漏失,将城市供水管网微观水力模型嵌入到泵组优化调度模型中,形成新的供水管网泵组优化调度漏失控制水力模型,从而确定供水分区关阀方案和泵组优化调度方案。

3.1 一级分区实施过程

一级分区具有输水和综合管理的功能,一般由各水厂供水范围内 DN800 以上输水管和部分配水管组成。通常一级分区的主要依据是供水分界线,但该方法仅适用于只进行一级分区的供水管网。由于二级分区确定后,其区域范围就很难改动,因此应先确定好二级分区后再确定其在一级分区中的归属。若进行一级分区过程中与分区前原供水分界线有冲突,则以二级分区为主,具体过程如下:

① 将 10 个二级子区域分别划给第一、二水厂,形成多种一级分区方案。

② 对每个一级分区方案进行动态模拟校核。

③ 将压力平衡和第一、二水厂供水能力作为

约束条件,初选出 6 种有效方案,见表 2。

表2 一级分区的有效方案

Tab.2 Effective schemes of primary partition

项目	第一水厂		第二水厂		节能百分比/%	节省费用/万元	铺设管道费用/万元
	流量/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	压力/m	流量/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	压力/m			
1	7	41	14	42	101.32	-17.8	438.9
2	8	42	13	42	102.16	-29.2	0
3	12	45	9	37	101.12	-15.1	438.9
4	9	39	12	42	98.95	14.2	2 148.3
5	13	43	8	36	98.28	23.2	2 587.2
6	12	39	9	41	96.94	41.3	0
现状	5	38	16	42	100.00	—	—

注: 仅分析泵站静扬程 H 、水量 Q 对水厂总耗电量的影响。节能百分比 = $Q_{\text{分区前}} \times H_{\text{分区前}} \times 100\% / (Q_{\text{现状}} \times H_{\text{现状}})$ 。

④ 通过对各一级分区方案进行能耗和投资费用分析后,选择能耗降低最大和改造、关阀工程量最小的方案 6 作为一级分区方案,见图 3。



图3 一级分区方案

Fig.3 Primary partition scheme

3.2 分区效果评价

一级分区方案实施后,两座水厂总能耗与分区前相比降低了 8.9%,远超预期估算值,满足供水综合电耗降低幅度达到 5% 以上的经济指标。由此可见,一级分区泵组优化调度节能潜力巨大。

4 三级 DMA 分区

三级分区是 DMA 小区的优化划分,是在二级分区范围内细化分区,从而形成流量计量分区,其主要目的是进行漏失定位。流量计量分区是通过截断管段或关闭管段上的阀门,将供水管网分为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,进而实现对各区域入流量和出流量的监测。这种方法有助于及时发现爆管或漏失等问

题并加以定位,以便快速修复,减少漏失。

4.1 三级分区实施过程

三级分区一般由 DN100 ~ 300 部分输配水管和用户管组成。根据二级分区结果,选取漏失率较高的二级子区域进行三级分区。本文选取五区作为三级分区研究区域。三级分区主要结合现场人员经验进行初步分区规划,然后利用模型模拟分区,若模拟结果对压力影响不大,则视为分区方案通过,若模拟结果对压力影响较大,则适当修正分区边界,直至模型计算结果通过,具体过程如下:

① 分析该子区域管网拓扑,通过区域装表法划分为 8 个三级子区域(A ~ H),分区方案见图 4。

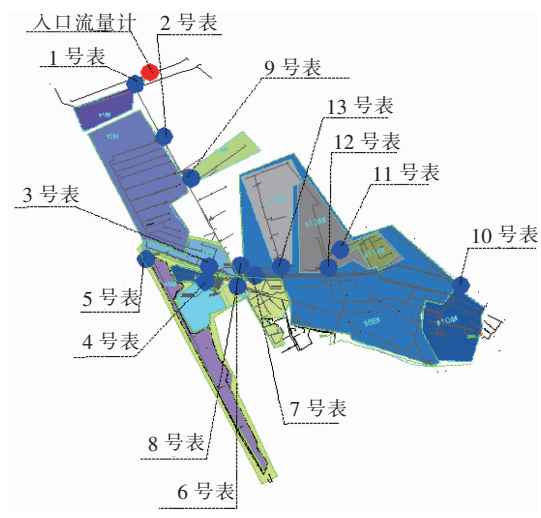


图 4 三级分区方案

Fig. 4 Third partition scheme

② 截至 2013 年 7 月末,五区三级分区改造完毕,结合 8 月的数据对五区各三级子区域进行水平衡分析,结果见表 3。

表 3 水平衡分析结果

Tab. 3 Water balance analysis results

项 目	供水区域	8 月用水量/ 10^4 m^3	产销差率/%
1、2 号	A 区	1.6	2.40
9 号	B 区	0.9	5.35
6 号	C 区	2.3	30.08
7、8、13 号	D 区	5.2	61.05
11、12 号	E 区	7.2	39.62
3、4 号	F 区	0.6	27.65
5 号	G 区	0.5	13.70
10 号	H 区	2.1	34.16

③ 通过表 3 确定 5 个漏失率较高的三级子区

域作为重点区域进行漏失控制。主要排查区域内管线,更换漏损严重的管线,共改造管段 2 585 m。

4.2 分区效果评价

通过分区装表、计量,确定漏失重点区域,并针对重点区域采取巡检维修、管道改造、更换计量表、半开阀门等措施。该区域共更换水表 8 768 个,改管量为 8 768 m,抢修 75 次,成本共计 131.05 万元,预计回收期为 2.81 年。除此之外,该区域整体漏失率也从 2013 年 8 月的 40.40% 降低至 2014 年 8 月的 13.51%,年收益为 46.67 万元,控漏效果显著。

5 结论

针对我国供水管网普遍为环状网布置的具体国情,首次提出了“自中间向两边”的分区体系,并以 CP 市为例,建立了先确定二级分区,再划分一级分区、三级分区的方法。CP 市对供水管网进行三层分区后,产销差率由 2013 年的 20.77% 降至 2015 年的 12.94%,漏失控制效果显著。此外,通过供水管网三层分区,优化了分配用水压力,降低了爆管频率,延长了管道寿命。由此可见,中小城市供水管网三层分区方法具有较好的推广应用前景,可在城市供水规划及管网改造等工程中实现提前谋划和顶层设计,也为智慧供水管网的实现奠定了基础。

参考文献:

[1] 朱子朋,孙伟,许刚. 广州实施供水管网的分区分压计量供水[J]. 中国给水排水,2010,26(12):93-95.



作者简介:孙国胜(1971 -), 男, 广东东莞人, 本科, 高级工程师, 主要从事城市供水系统管理及相关技术研发工作。

E-mail:sungs@gdlwater.com

收稿日期:2016-09-12