

基于热网调研的供热管网元件故障率统计与频谱分析^{*}

中冶集团建筑研究总院 张华杉[☆]

哈尔滨工业大学 王晓霞 邹平华

北京热力集团输配分公司 吴 星

沈阳惠天热电股份有限公司 王 勇

牡丹江热电总公司 王魁吉

哈尔滨热力公司 那海涛

摘要 通过对北京、沈阳、哈尔滨及牡丹江的热网运行和故障情况的调查统计,给出了这些城市热网的管道、阀门及波纹管补偿器的分管径故障率数据。对北京和沈阳热网的故障发生规律进行了管径频谱、年频谱及月频谱分析,发现中等管径(DN250~DN400)故障率最高,北京热网故障率随运行年份增加的增长较沈阳慢。北京和沈阳热网元件故障率可作为我国热网可靠性研究的参考数据。

关键词 供热管网 调研 元件 故障率 频谱

Failure rate statistics and spectrum analysis of heating network components based on an investigation

By Zhang Huashan[★], Wang Xiaoxia, Zou Pinghua, Wu Xing, Wang Yong, Wang Kuiji and Na Haitao

Abstract Based on the investigation and statistics of operation and failure situations of heating networks in Beijing, Shenyang, Harbin and Mudanjiang, provides diameter-based failure rate data of pipelines, valves and corrugated expansion joints of these cities. Analyses failure occurrence regularity of heating networks in Beijing and Shenyang through pipe-diameter spectrum, yearly spectrum and monthly spectrum, and finds that the failure rate is the highest for the heating networks of moderate pipe diameter (DN250~DN400) and that the failure rate increasing with operating years in Beijing is lower than that of Shenyang. Failure rate data of heating network components of Beijing and Shenyang could be taken as a reference for reliability research of heating networks in China.

Keywords heating network, investigation, component, failure rate, spectrum

★ Central Research Institute of Building & Construction, MCC, Beijing, China

①

0 引言

供热系统是城市的重要基础设施^[1],其可靠运行关系国计民生。随着我国热网规模的不断扩大^[2]和运行年限的增加,事故不断增加,影响愈加严重,迫切需要对接网故障的发生规律进行分析,

以便提高热网可靠性。我国在热网可靠性方面的

①☆ 张华杉,男,1979年1月生,硕士,助理工程师
100088 北京市海淀区西土城路33号中冶集团建筑研究总院
院京冶设计院

(010) 82227573

E-mail: boychangoo@sohu.com

收稿日期:2003-03-17

修回日期:2003-11-12

研究处于起步阶段^[3~4],缺少供热管网元部件的故障统计数据。本课题对我国 4 个具有代表性的城市北京、沈阳、哈尔滨、牡丹江的多个热网进行了调研,收集整理了大量的统计数据,在此基础上计算了我国热网元件的故障率,并对热网的故障发生规律进行了频谱分析^[5]。

1 热网调研(即元件故障统计)

本次故障统计^[6]调查的热网包括北京市供热管网、沈阳铁西热网、哈尔滨市供热管网和牡丹江市热网。本课题组对这些已运行热网的调度记录及故障记录进行逐年整理,得出逐年的热网规模和故障次数以及事故处理时间、故障原因等基础数据。这次故障统计的各项指标如下(标注*号的为必须指标,其他为参考或补充性指标):

规模性指标:管线总长*,阀门总数*,补偿器总数*,供热面积;

故障数指标:管道故障数*,阀门故障数*,补偿器故障数*;

故障附件性质:附件名称*,公称直径*,材质,投运时间,使用位置,安装位置;

故障管道性质:管道用途*,公称直径*,壁厚,敷设方式*,材质;

故障性质:故障原因*,表面特征,停供时间*,修复方法,影响范围;

辅助指标:安装位置,运行机制*,保温层厚度,保温层材料,放水管长度,防腐层材料。

通过这些数据,可以进行故障率的计算和故障规律、故障原因的分析。

通过本次热网调研得出了故障统计的基础数据,并对我国现有的较大型的热网有了较为全面详实的数据资料备份。截止到所统计的年份,4 个热网的基本规模见表 1。

2 供热系统元件的故障率

表 1 热网基本规模

	管线总长/km	阀门总数/个	补偿器总数/个
北 京	452.28	2 413	6 033
沈 阳	62.89	124	310
哈尔滨	23.98	86	397
牡丹江	47.59	94	366

通过故障基础数据的采集整理,可以计算热网元件的故障率。元件的故障率是考察系统元部件故障情况的基本参考数据,对于同一次统计试验的同种元部件是惟一的。供热系统是不断发展的,其元件故障率反映了逐年变化的热网在所统计的各年的总的故障率,用下式计算^[5]:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^k r_i}{\sum_{i=1}^k N_i \Delta t_i} \quad (1)$$

式中 λ ——热网元件的故障率,1/年;

r_i ——第 i 个统计年份的故障数;

N_i ——第 i 个统计年份的元部件总数;

Δt_i ——第 i 个统计年的统计时间,年,本文取 $\Delta t_i = 1$ 年。

2.1 管道的分管径故障率计算

管道的故障统计有一定的特殊性。热力管道是连通的系统,其各年元部件总数用管线的长度计量,将每单位长度的管线视作一个元件。热网管道的故障率用式(2)计算:

$$\lambda_p = \frac{\sum_{i=1}^k r_{p,i}}{\sum_{i=1}^k L_{p,i} \Delta t_i} \quad (2)$$

式中 λ_p ——热网管道的故障率,1/(km·年);

$r_{p,i}$ ——第 i 个统计年份管道的故障数;

$L_{p,i}$ ——第 i 个统计年份的热网管线总长度,km。

分管径的管道故障率见表 2。

表 2 4 城市管道故障率

1/(km·年)

	DN200	DN250	DN300	DN350	DN400	DN500	DN600	DN700	DN800	DN900	DN1 000
北 京	0.002 5	0.010 9	0.018 4	0.020 7	0.012 6	0.007 8		0.006 3	0.004 9		0.001 7
沈 阳	0.012 1	0.033 5	0.080 4	0.088 7	0.084 2	0.078 2	0.042 9			0.014 9	
哈尔滨							0.680 2		0.566 9		
牡丹江		0.113 0					0.232 4				

2.2 阀门的分管径故障率计算

阀门的故障率按式(1)计算,4 城市的阀门故

障率见表 3。

2.3 补偿器的分管径故障率计算

表 3 4 城市阀门故障率

1/年

	DN200	DN250	DN300	DN350	DN400	DN500	DN600	DN700	DN800	DN900	DN1 000
北京	0.000 7	0.001 4	0.002 0	0.002 0	0.001 9	0.001 7	0.001 3	0.001 2	0.001 0		0.000 3
沈阳	0.007 6	0.015 5	0.022 4	0.022 0	0.021 7	0.014 4	0.011 1		0.010 0		
哈尔滨					0.015 7						
牡丹江	0.015 0				0.077 4	0.067 7	0.067 7				

目前俄罗斯仅有套筒补偿器的故障率统计数字,本课题对波纹管补偿器也进行了故障统计,有

所突破。补偿器的故障率按式(1)计算,4 城市的补偿器故障率见表 4。

表 4 4 城市补偿器故障率

1/年

	DN200	DN250	DN300	DN350	DN400	DN500	DN600	DN700	DN800
北京	0.000 6	0.001 1	0.002 3		0.001 5	0.002 8		0.000 5	
沈阳	0.001 0	0.002 3	0.003 4	0.003 8		0.002 9			
哈尔滨		0.010 0			0.004 6		0.116 6		0.102 0
牡丹江	0.026 2	0.012 9	0.024 6		0.101 6	0.084 6	0.051 1		

3 热网故障规律的管径频谱分析

故障频谱即以不同参考变量为横坐标、元件的参考故障率指标为纵坐标绘制的曲线^[5],通过频谱曲线的拟合可以反映元件故障相对于不同参考变量的发生规律。

管径频谱是以管径为横坐标,以分管径的故障率为纵坐标的故障频谱,反映了元件故障对管径的变化规律。图 1 为北京和沈阳的热网管径故障频谱图。

度,所以故障率也较低;中等管径(DN250~DN400)的故障率最高。

4 热网元件故障规律的年频谱分析

故障年频谱是指以元部件运行年份为横坐标,以年累计故障率为纵坐标的故障频谱。累计故障率是指以第 K 年以前各年累计数为统计样本,第 K 年以前发生故障的元件占元件总数的比率。管线的年累计故障率按式(2)计算。年频谱反映了随着运行年份的增加元件故障的发生规律。北京和沈阳两地(哈尔滨和牡丹江数据较少,不能作为分析依据)的管道年故障频谱和回归曲线如图 2 所

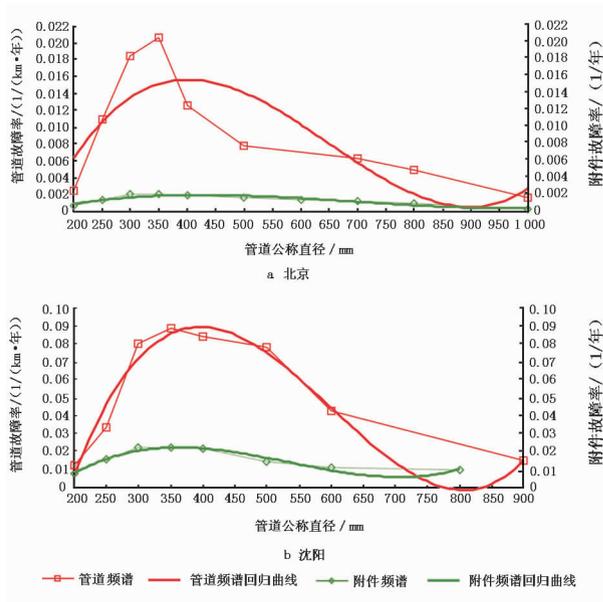


图 1 热网管径故障频谱

从图 1 的管径故障频谱可以看出,随着管径的减小故障率不断上升,在管径为 DN300~DN350 处达到高峰。由于大管径(DN500 以上)管线壁厚较大,且管理维护较好,所以事故较少;而小管径(DN200 以下)的故障达不到导致系统失效的程

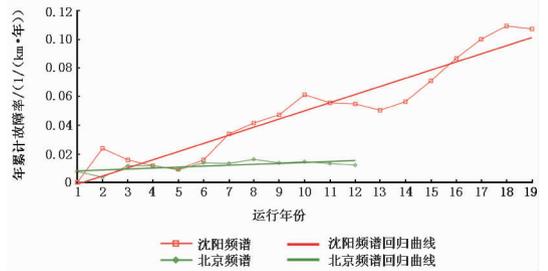


图 2 热网管道年故障频谱

示。从图中可见,随着运行年份的增加,供热系统的故障率呈上升趋势,且北京热网的故障率的增长趋势较为平稳,沈阳热网的故障率增长较快。这说明热网的元件更新越快(北京热网元件更新较快),热网的维护越完善,其故障率随运行年份的增加增长越慢。

5 热网故障规律的月频谱分析

故障月频谱是指以运行期各月份为横坐标,以月故障率为纵坐标的故障频谱。故障月频谱反映了运行期内各月份故障发生的规律。月故障率的计算公式为:

$$\lambda_j = \frac{\sum_{i=1}^k r_{i,j}}{\sum_{i=1}^k N_{i,j} \Delta t_{i,j}} \quad (3)$$

式中 λ_j ——热网元件第 j 月的月故障率, 1/月;
 $r_{i,j}$ ——第 i 年第 j 月的故障数;
 $N_{i,j}$ ——第 i 年第 j 月的元部件总数;
 $\Delta t_{i,j}$ ——第 i 年第 j 月的时间, 月, 本文 $\Delta t_{i,j} = 1$ 月。

北京和沈阳两地的故障月频谱及回归曲线如图 3 所示。从图中可见, 管线和附件在一年中各月

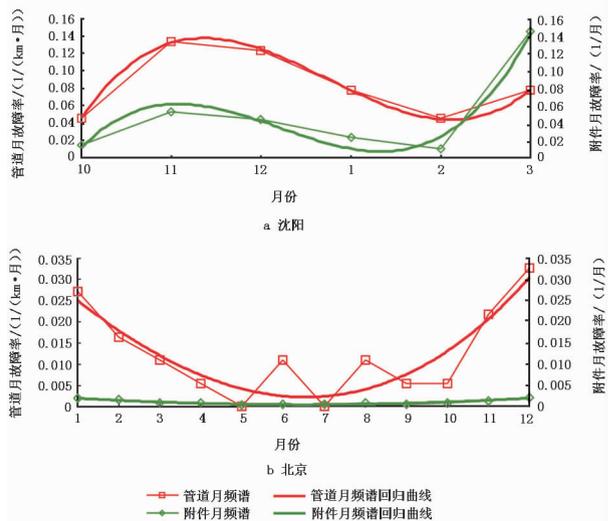


图 3 热网月故障频谱

具有相似的故障发生规律。沈阳热网供暖季运行, 无生活热水负荷, 在供暖季初期故障多发, 经过一段时间的维护, 进入一个相对较为稳定的阶段, 最后又有一个小的故障高峰出现, 这一规律符合元部件寿命的浴盆曲线。北京市热网全年运行, 非供暖季有较少的生活热水负荷, 故障率较低; 供暖季全网运行, 故障率较高。

6 结论

北京热网全年运行且管理水平较高, 并多采用进口设备, 因此故障率较低。沈阳热网的运行年份较长, 且规模较大, 故障相对较多。哈尔滨故障数据的统计数量不够多, 不具有代表性。牡丹江热网规模较小, 且投入时间较短, 只能作为参考数据。综合分析得出以下结论:

6.1 设备水平较低、服务年限较长的大中型热网的可靠性分析中, 元件的故障发生规律可参考沈阳热网的数据。

6.2 全年运行的、新建的、设备水平较高的热网的可靠性分析中, 元件的故障发生规律可参考北京热网的数据。

6.3 沈阳和北京两地的元件故障率可作为我国热网可靠性研究^[7]的基础参考数据。

参考文献

- 1 ИОНИН А А. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ. 1982
- 2 邹平华. 借鉴俄罗斯经验积极发展我国集中供热事业. 暖通空调, 2000, 30(4): 33-37
- 3 战泰文, 邹平华. 供热系统可靠性年评价指标的探讨. 煤气与热力, 1998, 18(6): 49-51
- 4 约宁 А А, 著. 供热学. 单文昌, 尚雷, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986
- 5 刘施玲. 城镇供热系统可靠性研究: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 1992
- 6 战泰文, 邹平华. 直连有备用供热系统的限额供热调节. 煤气与热力, 1996, 16(4): 36-43
- 7 战泰文, 邹平华. 供热系统可靠性探讨及事故流参数的确定. 煤气与热力, 1998, 18(4): 50-53

(上接第 10 页)

4 结论

天然气入户供暖方式灵活、节省用地、节约能源、计费方便、环境污染小、费用年值较低, 这些优点是其他供暖方式无法比拟的。因此从保护环境、提高生活质量和可持续发展角度看, 应创造条件积极发展天然气供暖技术。此外还应探索开辟诸如城市垃圾、城市污水、核能、地热、太阳能等能源供暖的新技术, 以满足人们对能源日益增长的需求。在今后相当长一段时期内, 多种能源供暖、多种供暖形式同时并存还是切实可行的。

参考文献

- 1 龙惟定. 试论我国暖通空调业的可持续发展. 暖通空调, 1999, 29(3): 25-30
- 2 刘慧敏. 组合式燃气锅炉在供暖工程中的应用. 暖通空调, 1999, 29(2): 63-65
- 3 林原, 黄铁星. 关于曙光小区燃气锅炉入户供暖方式的尝试. 暖通空调, 1998, 28(1): 18-20
- 4 贺平, 孙刚, 编著. 供热工程(新版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1993
- 5 李先瑞, 韩涛, 崔立峰. 住宅建筑不同采暖方式的经济性分析. 见: 全国暖通空调制冷 1998 年学术年会论文集. 1998, 1-4
- 6 沈阳市热力工程设计研究院. 城市供热热源工程投资估算指标. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 7 燃油燃气锅炉房设计手册编写组, 编. 燃油燃气锅炉房设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 8 陈秉林, 侯辉, 主编. 供热、锅炉房及其环保设计技术措施. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989