

# 多热源联网运行方案研究

李 毅

大连海心信息工程有限公司 辽宁 大连 116000

**摘要:** 随着国内城市规模的不断加大,集中供热系统也随之增大,热网结构逐步从小规模的枝状热网向大规模的多热源联网运行的环状网方向发展,供热系统多热源联网运行已成为很多大中型城市集中供热的运行模式。我国虽然已经有多个城市规划了多热源并网供热的格局,但在实际运行时多数系统却只能采用割裂运行的方式,将本已并网的热源人为地分开。本文以东北某供热公司项目案例为基础,针对目前多热源联网发展现状及存在的问题,研究多热源环状管网水力工况分布,制定最佳运行方案,解决多热源环状管网运行技术难点,对于多热源环状管网安全、经济运行具有重要意义。

**关键词:** 多热源;联网运行;水力计算;水力工况;并网;割裂;环状管网;安全;经济

## 引言

本文以项目案例为基础数据,分析多热源联网运行中的难点,研究通过水力计算、水力工况分析解决多热源联网运行所面临的问题,并制定了相关运行方案。本文的研究对多热源联网运行的落地实施具备一定的参考价值。

## 1 基本情况

东北某热力公司(以下简称“公司”)现有电厂1-3#机组、电厂4#机组、高新热源、北热源等多个热源。本文针对的是由公司调度室统一调度管理的热源、热网水力计算分析。

目前,公司供热系统运行方式为解列运行,供热前需要根据热源供热能力,换热站的热负荷,制定不同室外温度下的解列方案。

为最大限度提高电厂供热区域,公司生产部门需要随室外温度变化,不断调整外网解列阀门,工作量较大。如下表2017年~2018年切网运行方案,供热运行时,将室外温度划分为10℃以上、10~5℃、5~0℃、0~-3℃、-3~-5℃、-7~-11℃、-11~-14℃、-14~-26℃几个区间。该切网方案虽然可以较充分利用电厂供热,但存在着调节精度较低,只能按温度划分为区间,不能平滑的调节。同时,频繁的大网阀门开关也存在着较高的安全风险。因此,公司需要采用一种减少热网阀门频繁切换的运行

模式,在提高经济性的同时还要保障热网安全运行。

## 2 面临的难点及解决措施

公司虽然已经建立多热源并网供热的格局,但在实际运行时多数系统却只能采用割裂运行的方式,将本已并网的热源人为地分开。虽然公司已经尝试采用并网运行的方式,但具体到如何充分利用管网的输送能力,随负荷变化灵活匹配各热源的供热量上,还缺乏行之有效的调节手段。同时,面对多热源联网运行所面临的安全问题,也是阻碍多热源联网运行的重要原因。

### 2.1 主要难点

随着并网面积不断增加,供热精细化运行要求不断提高,公司亟需优化运行调度方案,在保障安全供热的前提下,提高供热经济性,当前最有效的方式就是采用多热源联网运行。采用多热源联网运行时,会存在以下难点:

#### 2.1.1 如何制定运行方案

当热网大型化后,如何高效、可靠的制定运行方案,分析热网水力可及性,确定各站压力流量分布情况,是企业面临的难点。公司在管网结构复杂、并网计算难度高,通过水力计算软件,进行全网的水力计算,生成水压图、输出各站流量压力分布图及报表、输出设备参数,可辅助企业进制定运行方案。

#### 2.1.2 如何减少调网工作量

当前的切网调节方案,需要供热运行人员在不同时期根据天气、负荷不断开关热网阀门,实现热网切换。这种切网调节方式工作量大,工作环境恶劣。

#### 2.1.3 如何提高热网运行的安全性

当前频繁的切网运行,不但工作量大,而且切网带来的水力波动为供热安全运行埋下了隐患。因此公司需要优化运行方案,减少切网,减少安全隐患。

**作者信息:** 姓名:李毅,生日:1987年8月31日,学历、院校、专业:本科学历,2012年毕业于大连大学建筑环境与设备工程专业,目前从事供热节能和城乡建筑环境热舒适性相关研究与应用,地址:辽宁省大连市高新区,黄浦路541号,网络产业大厦3层01-04室,邮箱:303528028@qq.com

2.1.4 如何提高供热经济性

当前的切网运行方案，可以较大程度地利用电厂供热能力，但切网是根据气温温度区间划分的，无法精细、频繁的调整。因此如何灵活调节调峰热源输出，充分利用电厂供热，实现经济运行是公司面临重要问题。

2.2 解决措施

针对目前多热源联网发展现状及存在的问题，对多热源环状管网进行水力分析，掌握系统水力工况分布，从而制定最佳运行方案，解决多热源环状管网运行技术难点，对于多热源环状管网安全、经济运行具有重要意义，也是解决多热源联网运行的主要措施。

3 项目案例

通过水力计算、水力工况分析进行多热源联网运行方案研究主要有模拟当前运行工况、分析联网运行工况、制定联网运行方案三个主要步骤。本节节选部分数据对分析过程进行说明。

3.1 模拟当前运行工况

3.1.1 水力模型

根据公司提供的热力管网总图建立此热网的水力模型。此热网总图如图1所示：

严寒期工况：

时间：2019年11月07日

总流量：约6080t/h

电厂1-3#热网回水定压：约23mH<sub>2</sub>O

热力站设计需用压头：10mH<sub>2</sub>O

局部阻力系数：0.15

注：按公司提供的平米折算流量

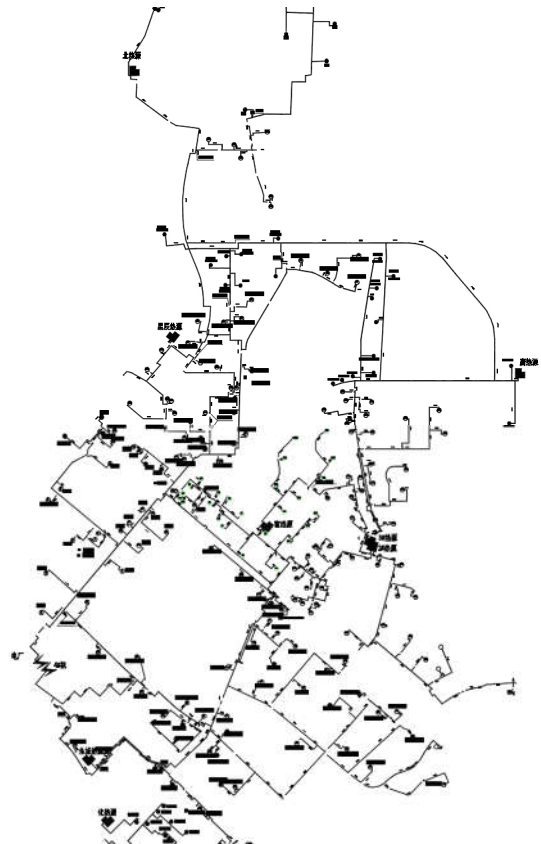


图1 电厂1-3#机热网，北部米兰及高新南部区域热网总图  
表1为电厂1-3#热源2019年11月07日运行数据：

表1 电厂1-3#热源2019年11月07日运行数据

时间	供水温度 (°C)	回水温度 (°C)	供水压力 (MPa)	回水压力 (MPa)	供水流量 (t/h)	回水流量 (t/h)	需用热量 (MW)
9:00	103.7	45.6	0.89	0.23	6200	6076.67	473.92

3.1.2 水力计算

按照公司提供的电厂1-3#热源2019年11月07日运行数据进行运行仿真，模拟室外温度-4°C，得到此管网的以下

报表及水压图。

1) 热源报表，如表2所示：

表2 电厂1-3#热源报表

热源名称	运行流量(t/h)	定点压力 (MPa)	供水压力 (MPa)	扬程 (m)
电厂1-3#	6127.97	0.23	0.833	60.3

通过比较表3和表4，看到模拟计算后的热源扬程60.3m接近实际运行的热源扬程66m，说明通过此程序可以模拟出此工况下此热网的实际运行情况。

2) 热网中各站的资用压头及流量，如表3（部分换 热站）所示：

表3 换热站报表

序号	热站名称	流量 (t/h)	资用压头 (MPa)	供热延迟时 (h)
1	月亮湾	158.27	0.100	4.59
2	月亮湾学校	3.25	0.101	4.67
3	绿城2	54.77	0.130	4.69

续表:

序号	热站名称	流量 (t/h)	资用压头 (MPa)	供热延迟时 (h)
4	计量间	394.51	0.132	4.59
5	汽车城	145.74	0.132	14.78
6	米兰	106.29	0.134	4.11
7	绿城1	62.66	0.135	3.82
8	火炬学校	9.28	0.136	4.36
9	米兰2	78.44	0.137	3.74
10	水利学校	14.39	0.139	11.11
11	格林	126.24	0.204	2.82
12	百湖花园	70.08	0.205	2.66
13	玫瑰园	99.79	0.210	2.23
14	兰德湖	162.45	0.211	1.99
15	丽水	155.49	0.214	4.12

将表3中资用压头小于0.2MPa的换热站与实际运行数据对比, 详见表4:

表4 运行数据与计算数据对比表

序号	站名	运行数据			计算数据		
		供水压力 (MPa)	回水压力 (MPa)	供回水压差 (MPa)	供水压力 (MPa)	回水压力 (MPa)	供回水压差 (MPa)
1	月亮湾	0.47	0.47	0	0.581	0.481	0.1
2	月亮湾学校	0.41	0.57	-0.16	0.581	0.48	0.101
3	绿城2	0.47	0.59	-0.12	0.596	0.466	0.13
4	汽车城	0.38	0.4	-0.02	0.597	0.465	0.132
5	米兰1	0.51	0.63	-0.12	0.598	0.464	0.134
6	绿城1	0.43	0.56	-0.13	0.599	0.464	0.135
7	火炬学校	0.29	0.29	0	0.599	0.463	0.136
8	米兰2	0.44	0.56	-0.12	0.6	0.463	0.137
9	水力学校	0.41	0.53	-0.12	0.601	0.462	0.139

通过表4可以清楚看到, 模拟运行此热网后, 计算后资用压头较小的换热站即为实际运行中有问题的换热站, 再次验证此程序可以准确模拟出此热网在此工况下运行时, 各换热站的实际运行情况。

表4中直观的看到此热网实际运行时存在问题的两类换热站。

第一类换热站: 月亮湾、火炬学校站所在管段供回水压差较小, 压降较大。

第二类换热站: 月亮湾学校、绿城1、绿城2、汽车城、米兰1、米兰2、水力学校站所在管段供回水压差为负数, 这些换热站应该使用加压泵在运行, 增加了系统电耗。但经过水力计算, 以上管段的供回水压差实为正数。

以上两类站点流量不够不是因为压力不够, 而是一级网未调平导致的局部不热, 应通过统一调度权限, 全网平衡调节来解决, 可以大幅降低换热站电耗。

3) 管段水压图。此管段以电厂1-3#热源为起始点,

途经嘉禾、宝博、润丰、湖岸、靛湖等站, 然后通过电厂1-3#热源供热区域与北热源供热区域的联管管线, 最终到最不利用户月亮湾站。水压图如图2所示:



图2 电厂1-3#热源至最不利用户管道水压图

◆供回水压力曲线整体较平稳, 说明供热母设计合

理, 有利于多热源联网。

◆管网整体比摩阻合理, 计算数值都在合理范围内。

### 3.2 分析联联网运行工况

#### 3.2.1 水力模型

根据公司提供的热力管网总图建立此热网的水力模型。此热网总图如图3所示:

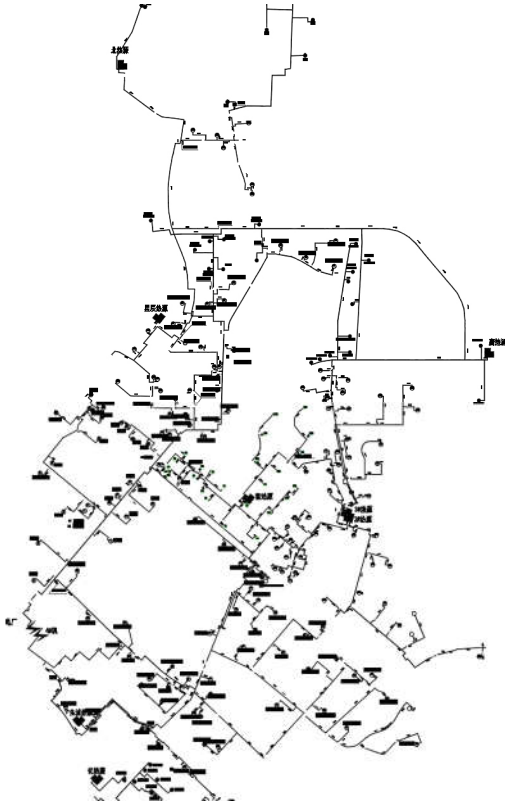


图3 电厂1-3#热源、北热源、高新热源并网总图

严寒期工况:

时间: 2019年12月30日

室外温度: -29°C

电厂回水定压: 约25mH<sub>2</sub>O

热力站设计需用压头: 10mH<sub>2</sub>O

局部阻力系数: 0.15

电厂1-3#热源供热区域: 由此热源干管引出的所有用户(嘉禾、人民、大庆宾馆、汇丰、湖岸、百湖花园、丽水等站)。

北热源供热区域: 由此热源干管引出的所有用户(汽车城、水力学校、绿城2、月亮湾等站)。

高新热源供热区域: 由此热源干管引出的所有用户(状元、大丰、展示馆、农大1#、3#、金融馆、乾和城、新华08、乳品厂等站)。

注: 按公司提供的平米折算流量

此热网的供热面积约为1548.35万平方米, 在室外温

度为-29°C时, 此热网需要的总流量约为16275.57t/h, 所需总负荷为774.17MW, 热指标约为50W/M<sup>2</sup>。

#### 3.2.2 水力计算

大庆供暖期为2019年10月20日~2020年4月15日, 查询当地历史天气预报得知, 室外最低温度为零下29°C。模拟室外温度零下29°C, 得到此管网的以下报表及水压图。

1) 热源报表, 如表5所示:

表5 电厂1-3#、北、高新热源报表

热源名称	流量 (t/h)	供水压力 (MPa)	回水压力 (MPa)	扬程 (m)
电厂1-3#	9250.17	1.027	0.19	83.7
北	2207.43	0.73	0.486	24.4
高新	4817.97	0.8656	0.3514	51.42

将表5中各热源的计算扬程加上热源自身的阻力损失12m后与公司提供的以上热源循环水泵最大扬程进行对比, 见表6:

表6 最不利工况各热源的运行扬程与循环水泵最大扬程对比

热源名称	公司提供的循环水泵扬程 (m)	最不利工况个热网扬程 (m)	热网是否可以安全运行
电厂1-3#	125	95.7	是
北	87	36.4	是
高新	65	63.42	是

从表6中可以直观的看到此热网在最不利工况下运行时, 各热源运行时的扬程都小于各自循环水泵的最大扬程, 说明此并网方案合理可靠, 在供暖期内可以满足各用户的用热需求。

2) 热网中各站的资用压头及流量, 如表7所示:

表7 换热站报表

序号	热站名称	流量 (t/h)	资用压头 (MPa)	供热延迟时间 (h)
1	丽水	352.24	0.100	2.28
2	月亮湾	331.22	0.121	376.79
3	湖滨	189.21	0.122	2.59
4	月亮湾学校	7.78	0.122	376.82
5	堤香	393.66	0.138	2.05
6	彤基	335.32	0.146	1.9
7	格林	286.33	0.153	1.91
8	绿城2	124.04	0.161	376.95
9	计量间	893.48	0.170	376.91
10	米兰	241.77	0.180	376.69
11	玫瑰园	227.05	0.185	1.64
12	兰德湖	368.96	0.187	1.54
13	火炬学校	21.55	0.192	376.79

续表:

序号	热站名称	流量 (t/h)	资用压头 (MPa)	供热延迟时间 (h)
14	米兰2	177.65	0.195	376.51
15	绿城1	18.92	0.200	376.66

3) 管段水压图。此管段以电厂1-3#热源为起始点, 途经嘉禾、宝博、润丰、湖岸、靓湖、彤基等站, 最终到最不利用户丽水站。水压图如图14所示:

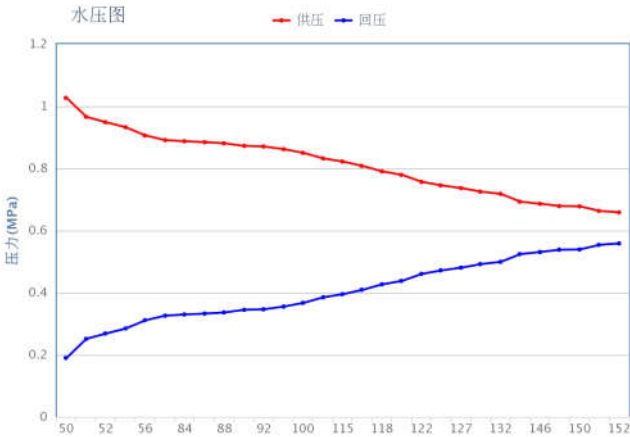


图4 电厂1-3#热源至此区域内最不利用户管道水压图

◆ 供回水压力曲线整体较平稳, 说明供热母设计合理, 有利于多热源联网。

◆ 管网整体比摩阻合理, 计算数值都在合理范围内。

4) 管段水压图。此管段以北热源为起始点, 途经水力学校、米兰2、绿城1、计量间等站, 最终到最不利用户月亮湾站。水压图如图5所示:

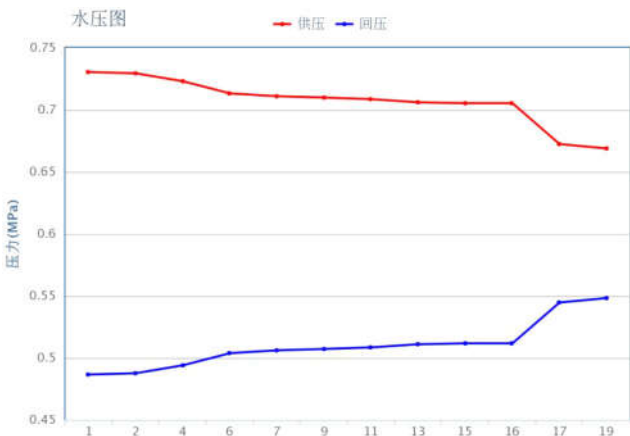


图5 北热源至此区域内最不利用户管道水压图

◆ 供回水压力曲线前端、中端平稳, 末端坡度较大, 说明供热干管末端进行了缩径, 热力管网总图中此部分管道的管径由DN800缩到DN300。

◆ 管网整体比摩阻合理, 计算数值都在合理范围内。

5) 管段水压图。此管段以高新热源为起始点, 途经

联想南、御景A#、实验、万城华府等站, 最终到最不利用户学校站。水压图如图6所示:

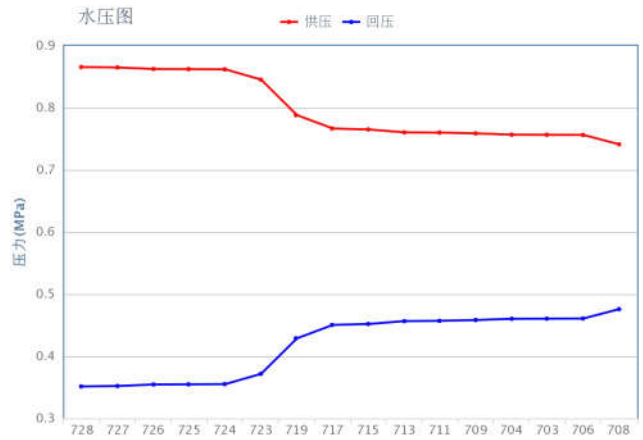


图6 高新热源至此区域内最不利用户管道水压图

◆ 供回水压力曲线前端、末端平稳, 中端有较大坡度, 说明供热干管中端进行了缩径, 热力管网总图中此部分管道的管径由DN600缩到DN500。

◆ 管网整体比摩阻合理, 计算数值都在合理范围内。

公司提供的此热网中各热源最大限值分别为: 电厂1-3号热源最大负荷为440MW; 北热源最大负荷为220MW; 高新2#、3#热源最大负荷为458MW, 得出此热网设计的热源总负荷为1118MW。模拟运行此工况, 得到供热区域所需总负荷为768.91MW。由此说明以上热源的设计负荷可以保证最不利工况的安全运行。

通过模拟运行最不利工况, 当电厂定点压力为0.19MPa时, 计算结果显示高新顶处的压力可以满足此区域各站的用热需求, 无气化风险。

### 3.3 制定联网运行方案

经过水力分析, 在室外温度为零下29℃时, 此热网的3个热源都需开启。为了保证高新热源的压力需求, 避免发生气化, 1-3#热源需满负荷运行, 北热源的运行负荷只需保证北部米兰区域各站用热需求即可, 高新热源用于辅助调峰, 从而达到节约能源, 降低能耗的目的。下面根据大庆供暖期内室外温度的不同区间, 给出此热网中3个热源合理的开启方式。

1) 当室外温度大于等于零下8.7℃时, 热网运行总负荷小于等于439.8MW, 电厂1-3#热源设计最大负荷为440MW, 根据以上计算结果可以明确, 在室外温度大于等于零下8.7℃工况下, 只开启电厂1-3#热源即可满足此热网内所有用户的用热需求。

2) 当室外温度在零下8.8℃-零下15℃之间时, 热网运行总负荷在441.44MW-543.57MW之间, 电厂1-3#热源运行负荷为440MW, 北热源用于辅助调峰, 根据室外

温度计算出北热源的输出负荷，当室外温度为零下15℃时，北热源运行负荷为103.57MW，高新热源关闭。这样即可满足此热网在此温度区间内所有用户的用热需求。

3) 当室外温度在零下15.1℃-零下29℃之间时，热网运行总负荷在545.22MW-774.17MW之间，电厂1-3#热源运行负荷为440MW，北热源运行运行负荷控制在

105MW，高新热源用于辅助调峰，根据室外温度计算出高新热源的输出负荷，当室外温度为零下29℃时，高新热源运行负荷为229.17MW即可满足此热网在此温度区间内所有用户的用热需求。

热源开启方案详见表8:

表8 热源开启方案

序号	方案	调整对应室外平均温度(℃)	供热热源	涉及换热站	运行热负荷(MW)
1	1	≥ -8.7	电厂1-3#	此热网内所有用户	≤ 439.8
2	2	-8.8~-15	电厂1-3#	此热网内所有用户	440
3			北调峰		1.44~103.57
4	3	-15.1~-29	电厂1-3#	此热网内所有用户	440
5			北		105
6			高新调峰		0.22~229.17

### 3.4 其它问题分析

从安全可靠、经济运行的角度考虑，我方的并网方案最大化的减少热网结构、运行方式的转变。主要特点为电厂1、2、3号机并高新、北。其中主要的问题集中在电厂1、2、3号机并高新、北热网上。

1) 一级网增压泵问题。通过计算换热站不需要开增压泵，热源压力完全可以满足要求，某些站点流量不够不是因为压力不够，而是一级网未调平导致的局部不热，应通过统一调度权限，全网平衡调节来解决，可以大幅降低换热站电耗。

2) 目前管网平衡调整较粗放，可把基于室温控制加进去，使每个站调节更精细，降低热指标，不仅可最大限度利用电厂供热能力，也可解决一次网平衡问题，最后再通过自有热源调峰运行。

3) 换热站调节阀口径不合理，且为蝶阀，调节性能不好，是导致一级网不平衡的重要原因。

### 4 经验总结

采用多热源联网运行，可实现热源互补，提高供热可靠性，经济性。主要会有以下收效：

1) 通过水力分析，用户可在运行前、运行期间掌握水力工况分布，保障热网安全运行，制定最佳运行方案。

2) 优先利用热电联产等经济热源，将电厂热“吃干榨尽”，实现利润最大化的目标。

3) 多热源互补，提升热网运行可靠性，在热源或管网事故工况下，快速制定应急预案。

4) 集中优势资源，统一调度与指挥，提高生产协同，避免严寒期，多数换热站启动一网加压泵现象，降低电耗。

### 5 结论

本文以项目案例为基础数据，分析了多热源联网运行当前面临的问题，并研究以水力分析为工具，解决上述问题的办法。

一般多热源联网运行前，应当对现有工况进行模拟，掌握管网特性参数，并以此为基础，将多个热源或热网联网，进行联网分析计算，了解联网运行水力工况分布情况，以此为基础制定运行方案。

总体来看，多热源联网运行后，可提高热网运行的安全性、运行调度的及时性、供热运行的经济性。

### 参考文献

[1]秦绪忠,江亿.集中供热网的可及性分析[J].暖通空调,1999,29(1):2-7  
 [2]贺平,孙刚.供热工程(第2版)[M].北京:中国建筑工业出版社,1993: 230-252  
 [3]秦绪忠.区域供热供冷输配系统动力学特性研究[D].北京:清华大学,2000