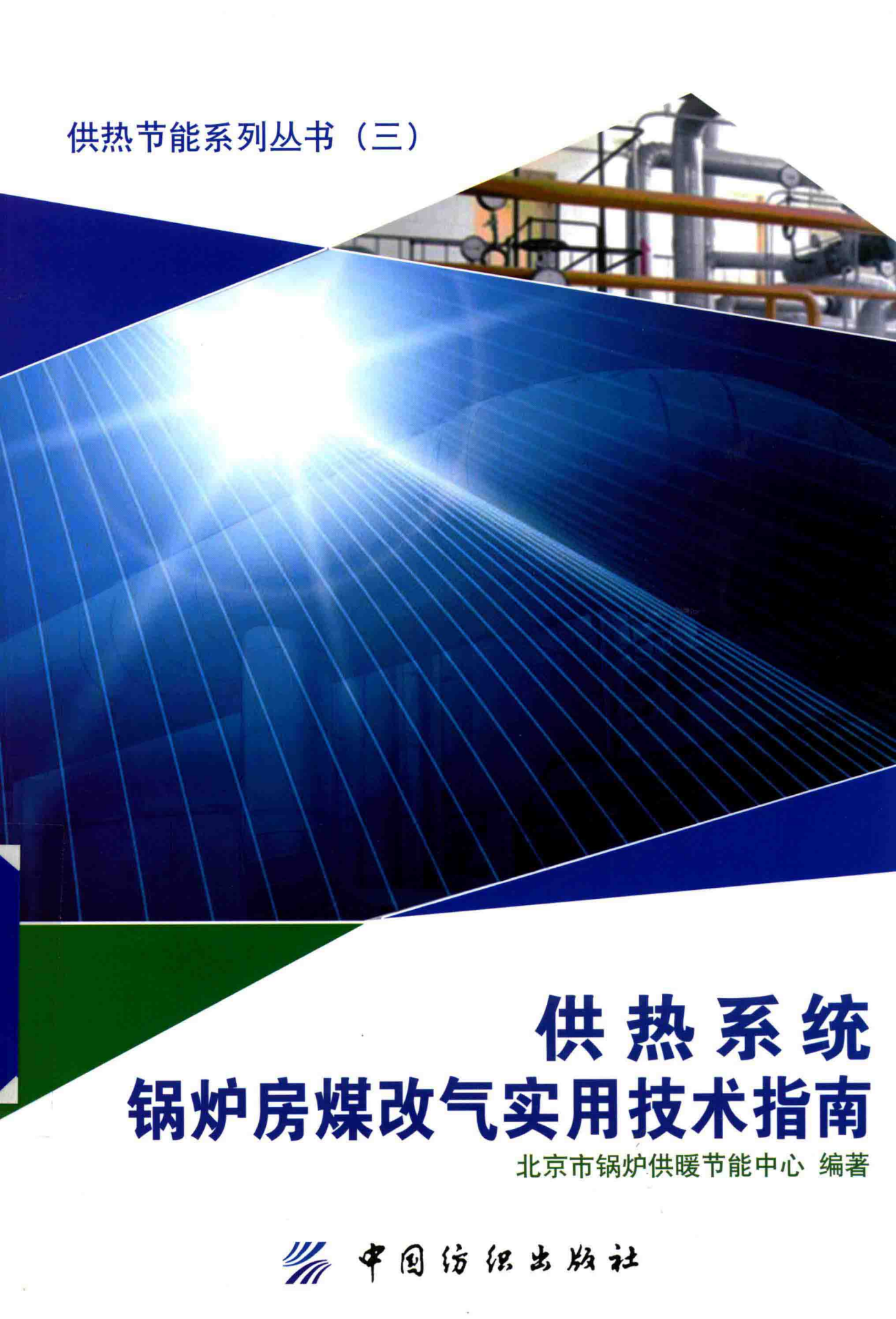


供热节能系列丛书（三）



供热系统 锅炉房煤改气实用技术指南

北京市锅炉供暖节能中心 编著

 中国纺织出版社

供热节能系列丛书 (三)

供热系统锅炉房煤改气 实用技术指南

北京市锅炉供暖节能中心 编著



中国纺织出版社

图书在版编目(CIP)数据

供热系统锅炉房煤改气实用技术指南 / 北京市锅炉
供暖节能中心编著. — 北京 : 中国纺织出版社, 2014. 4
(供热节能系列丛书)

ISBN 978-7-5180-0513-0

I. ①供… II. ①北… III. ①供热系统—锅炉房—节
能—指南 IV. ①TU833-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第047706号

策划编辑: 朱萍萍

中国纺织出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区百子湾东里A407号楼 邮政编码: 100124

销售电话: 010-87155894 传真: 010-87155801

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

官方微博 <http://weibo.com/2119887771>

三河市华丰印刷厂印刷 各地新华书店经销

2014年4月第1版第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10

字数: 183千字 定价: 35.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换

前 言

冬季供热是居民的基本生活需求，是直接关系公众利益的基础性公共事业。近年来，北京市供热事业进入了快速发展的时期，供热面积不断增加，供热采暖方式趋于多样化，供热能源消耗量越来越大。在如今这个工业化、城镇化加快发展的重要时期，解决能源供需矛盾日益突出问题的根本出路是要走建设资源节约型、环境友好型社会的可持续发展之路。

调查表明，供热能耗是建筑能耗中最重要的组成部分。我国北方地区冬季供热采暖每年消耗煤炭 1.5 亿多吨标煤，占北方地区建筑能耗 50%以上，约占社会总能耗的 1/4。一直以来，国家对于供热采暖节能相当看重，国务院出台的《节能减排综合性方案》明确要求，在建筑节能中，供热采暖节能必须承担至少 1/3 的任务指标。

自 2008 年以来，围绕着建设“人文北京、科技北京、绿色北京”的目标，在“绿色供热、科技供热”的原则指导下，北京市的供热管理逐渐步入规范化、科学化的管理轨道，但是供热行业仍然存在管理方式粗放、管理水平参差不齐的实际问题，制约着供热行业进一步走向专业化。而且供热行业存在着巨大的节能潜力，亟待深挖，故此提高供热系统能源利用效率和节能管理水平的重要性日趋迫切。“供热节能系列丛书”正是基于深入宣传供热节能的重要性，提高供热单位节能管理水平和强化供热专业队伍能力建设应运而生的。

“供热节能系列丛书”系统归纳了北京市锅炉供暖节能中心多年来的在供热节能管理和运行方面的知识，汇总了节能中心实施世界银行赠款项目的过程中获得的国际先进经验和试点示范项目运行数据，并且根据北京市供热系统的实际情况进行了相应调整。在以往的工作过程中，节能中心通过对供热行业相关技术和管理人员组织

的培训活动征求了使用者的意见和建议，并且进一步地综合到相应的内容里。我们期待这套丛书能切实增强公众供热节能意识，在规范供热单位节能管理，提高能源管理者业务技能和职业素质，加强专业化人才队伍建设，促进节能减排目标实现等方面发挥指导作用。

“供热节能系列丛书”共分为四册，是一套内容实用、观念先进，具有针对性、系统性、适用性的节能专业书籍。第一册为《供热系统能源审计实务》，重点介绍了供热系统能源审计的指导方针、实施方法、应用工具以及分析技巧，并且针对系统各个不同环节提出了相应的改造方案和技术措施；第二册为《供热系统节能运行管理》，系统介绍了供热热源、供热管网、室内采暖系统等环节的技术管理措施以及供热系统运行管理的改进要点，并简单介绍了常见的供热系统节能评价方法；第三册为《供热系统锅炉房煤改气实用技术指南》，汇总归纳了锅炉房煤改气项目从方案制订、工程设计、设备选型和安装以及后期运行管理等各个方面实现成本节约和高效置换的技术要点和措施方法；第四册为《供热系统节能技术示范项目应用实例汇编》，结合具体项目实施情况详细剖析了各项节能技术措施的具体内容、实用范围、经济技术可行性以及社会环境效益。

本套丛书在编制、审核过程中，得到了中国建筑科学研究院李先瑞研究员和北京建筑大学李锐教授的大力支持，在此表示衷心感谢。

本套丛书内容如有不妥不尽之处，欢迎各位读者批评指正。

北京市锅炉供暖节能中心

金克义

2013年12月

序

供热节能是当今的热点问题之一。本套丛书为我们了解当前的供热系统节能技术状况提供了非常丰富的资源。本套丛书详细介绍了常见的一些节能技术的原理、应用方法、实施案例、节能潜力及经济效益等方面的内容。文字通俗易懂，原理分析深入浅出。这是一套涵盖了供热系统热源、热网、热力站和热用户等各个方面节能技术的百科全书，书中介绍了大量的技术案例，阐述了供热系统节能设计、施工、运行等各个环节的技术要点。

本套丛书的编写者是北京市锅炉供暖节能中心，该中心十多年来一直致力于锅炉房煤改气的设计和实践、供热系统能源审计方法的开发和实施、供热系统节能技术的研究和应用、热计量的示范和验收、能耗的调查和能耗评价指标的制订、数据库的建立和能源管理信息化、标准规范的实施和管理标准化制度化、培训教材的编写和专业人才的培养等工作。本套丛书是该中心十多年来持之以恒、兢兢业业、孜孜不倦从事供热系统节能工作的归纳、总结和优化。本套丛书是在该中心编写的《锅炉房煤改气实用技术指南》、《供热采暖系统节能培训教材》、《供热系统能源审计培训教材》、《供热系统能源审计工作手册》、《锅炉供热系统节能技术手册》、《供热系统节能实用技术检测与评估》、《北京供暖系统节能技术示范项目应用实例汇编》等基础上不断修改、不断补充而成的，力求更完整、更优化、更科学、更具操作性。

本套丛书可以帮助供热系统节能改造设计人员、技术人员、运行人员、管理人员、开发人员、节能专家、政府管理部门及其他相

关人士完成供热系统节能目标。通过介绍理论基础、原理方法和各种案例，帮助供热系统节能改造设计人员完成其节能改造项目的设计工作；通过提供科学依据，帮助运行人员、管理人员完成最佳优化运行策略，实现供热系统运行能耗最小化；通过实施供热系统煤改气、能源审计、节能改造项目所需的经济、策略、报告编制等有关问题的归纳分析，帮助完成供热系统节能项目的实施。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '李志伟' (Lǐ Zhìwěi).

2013 年 12 月 1 日

目 录

第一章 概 述	1
第二章 “煤改气”项目评述	3
第一节 煤改气锅炉房的条件分析	3
一、锅炉房的地理位置	3
二、锅炉房容量	4
三、热媒	4
第二节 “煤改气”实施情况	4
一、拟建燃气锅炉的状况	4
二、在现有燃煤锅炉中安装燃气燃烧器	5
三、台对台燃煤、燃气锅炉置换	6
四、分布式锅炉系统的分散化	7
第三节 已进行项目的评述	9
一、项目执行策略	9
二、与热用户直接连接或间接连接	10
三、生活热水供应方式	12
四、供水温度调节	15
五、管道敷设方法—预保温管道	25
第三章 锅炉房项目的开发	27
第一节 所有权概念	27
一、BOT 项目 (建设、运行和转让)	27
二、BOOT 项目(建设、拥有锅炉房、运行和移交)	27
三、项目业主也是投资人	27
第二节 项目开发活动	27
一、案例分析	27
二、现有设施审计	28
三、预可行性研究	28
四、可行性研究	28

五、与项目合作者进行谈判	29
六、方案设计、技术说明和建设许可	30
七、供应货物技术说明	30
八、采购—投标、评标和签约	31
第三节 项目定义	33
第四节 项目执行	33
一、项目业主/投资人作为主供应商	33
二、交钥匙供货	33
第五节 协 调	34
第六节 监 督	34
一、计划的完工和测试	34
二、未计划的完工和测试	34
三、独立监督人	34
第四章 设 计	35
第一节 概 况	35
一、设计签约	35
二、建设许可的设计需求	35
三、采购的设计需求	36
四、执行的设计需求	36
五、输入设计数据的质量	36
第二节 初步设计	37
一、初始活动	37
二、初步设计步骤	37
三、初步设计设计图纸	39
四、给客户的初步设计文件的演示介绍	39
五、初步设计文件	40
第三节 施工图设计	40
一、土建施工图设计	40
二、工艺施工图设计	41

第四节 设计质量.....	43
一、设计文件质量.....	43
二、设计缺陷和缺陷情况.....	44
第五章 实用技术指南	47
第一节 燃气锅炉	47
一、锅炉设计	47
二、燃气锅炉配件	48
三、天然气燃烧	51
四、燃烧器	55
第二节 泵	62
一、相似定律	63
二、循环泵	64
三、补水泵	68
四、混水泵	70
五、泵能输入	70
第三节 锅炉水处理	71
一、软化后的水质	71
二、水的参数	72
三、水处理	72
四、水的酸性/碱性反应	76
五、除 氧	76
六、锅炉房化学制度	82
第四节 全自动控制系统	84
一、控制系统方案	84
二、备用供电	86
三、压差计算	86
四、供水温度问题	86
五、供水温度计算	88
六、热输配系统控制	92

七、锅炉房控制回路.....	98
八、输配系统调整.....	100
第六章 供热模型与热负荷.....	101
第一节 燃气锅炉与管网的连接.....	101
一、燃气电厂.....	101
二、分散锅炉房.....	102
三、更换现有锅炉房.....	102
第二节 热负荷.....	103
一、最大耗热量.....	103
二、年热消费量.....	106
第七章 热计量.....	110
第一节 热计量原则.....	110
第二节 热计量仪表.....	111
一、概况.....	111
二、国际上普遍接受的热计量方法.....	111
第三节 体积流量测量.....	112
一、动态方法.....	112
二、静态方法.....	112
第四节 温度测量.....	118
一、概况.....	118
二、传感器在管道中的正确布置.....	118
三、计算单元.....	119
第五节 关于测量方法的推荐.....	120
一、体积流量测量段选择的推荐.....	120
二、体积流量测量选择的推荐.....	120
三、温度传感器推荐.....	120
第六节 锅炉房内部的热计量.....	120
第八章 运行和管理.....	122

第一节 供热锅炉房经济运行评估指标	122
一 技术指标	122
二 经济指标	123
第二节 燃煤锅炉房运行节能技术	124
一 点火升温	124
二 运行操作	125
三 正常停炉	126
四 紧急停炉	126
五 锅炉停止运行后的保养	127
六 水质管理制度	128
第三节 燃气锅炉房运行节能技术	129
一 一般规定	129
二 锅炉及辅助设备启动前的准备	130
三 锅炉及辅助设备的启动	132
四 锅炉及辅助设备的运行调节与检测	134
五 锅炉房运行控制指标	136
六 锅炉及辅助设备的停止运行	136
七 锅炉及辅助设备的故障处理	136
八 锅炉停止运行后的保养	137
九 水质管理制度	138
第四节 运行和管理人员的工作	139
第五节 热平衡	139
一、月度热平衡	139
二、热负荷评估	140
第六节 锅炉效率	143
一、锅炉运行效率	143
二、正平衡效率	144
三、反平衡效率	144
四、效率监测	146
五、根据效率评估锅炉	146

第一章 概述

本书是为了帮助并推动锅炉房确定设备，并对锅炉房的设计、建设、监督、验收提供支持。在过去 10 年左右的时间内，许多分散的小型燃煤锅炉房（特别是北京 4 环以内）已经改造成燃气锅炉房。燃煤改燃气的燃料结构改革取得了一定成绩，对改善北京市大气质量、提高人民生活质量起到很大作用。在煤改气的过程中，也存在一些问题，如：选型、技术、调试、运行管理等，及费用偏高的问题。如果技术运行管理得当，其成本能低一些。对于运行好的锅炉来说，用户可以省钱，从全局考虑可节省大量优质天然气。燃煤锅炉改为燃气锅炉常见问题如表 1-1 所示。

就天然气热水锅炉而言，首先从热力设备选型开始，工程设计时必修采用节能措施，否则建成后或煤改气完成后，再搞节能改造难度较大。同时政策规范要先行，有前瞻性，应有真正的节能标准，仅就排烟温度而言，现实中可做到 100℃，安装冷凝型节能装置可做到排烟温度为 50℃。热水锅炉燃料烧效率及损失情况见图 1-1。

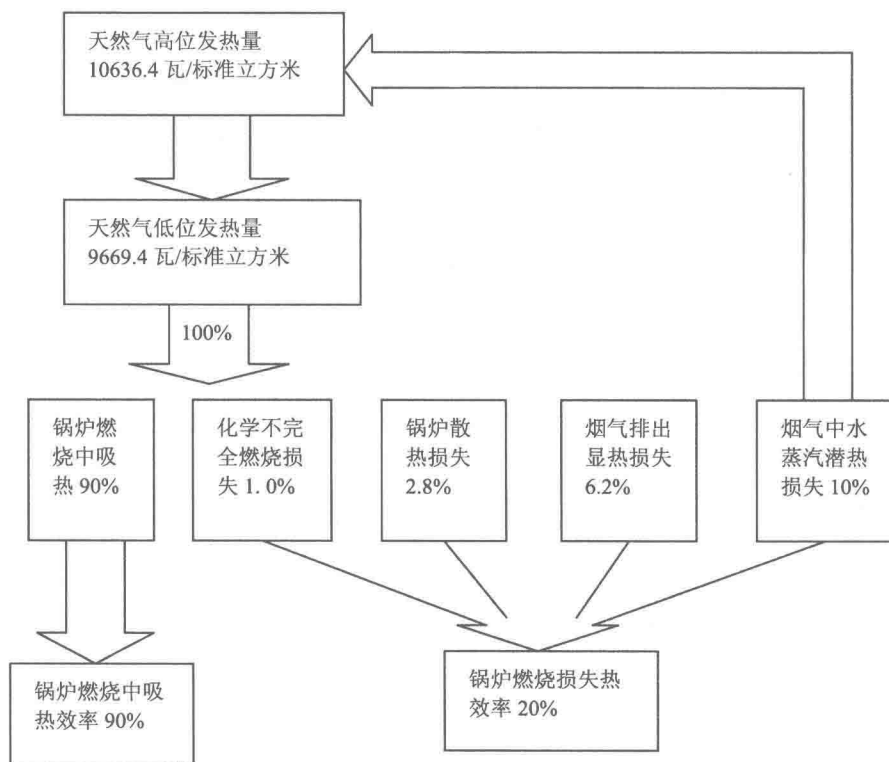


图 1-1 热水锅炉燃烧效率及损失示意图

表 1-1 燃煤锅炉改为燃气锅炉常见问题及对策

问题	对策（建议）
原 3×4.2 兆瓦燃煤热水炉改成 3×4.2 兆瓦燃气热水炉。热负荷采暖面积不变的情况下，选用 3×4.2 兆瓦燃气热水炉，造成投资费用增加，运行时大马拉小车。因燃气炉热效率为 85%~90%，而燃煤炉只有 60%~65%，相对供热量差 25%~30%。	按设计需要选燃气锅炉。
选用两段式调控燃烧机由供水温度或蒸汽压力负荷控制燃烧机开/关（即大/小火）。每次启动必须要有 10~20 秒的炉膛吹扫，大量炉内燃烧室热量被排至大气。	0.7 兆瓦及以上锅炉燃烧机改用比例滑动调节燃烧机，避免不断重新启动造成热能浪费。
燃气二回程烟火管锅炉排烟温度达 300~350℃。某小区 6×1.4 兆瓦热水炉燃气成本 28 元/平方米，采暖季，超出正常运行费用的 30%~40%。	属于不合格产品，低价、质差。应改用燃气三回程烟火管锅炉，若有条件也可安装节能装置。
燃烧机没有调节器或机与炉没有匹配好（炉大机偏小），燃烧机风/天然气没有调好。例：10 吨/小时燃气蒸汽炉，每小时耗气量 900 立方米，热效率过低，约 70%~75%。	供应商应将节能方法通知用户，直接调好，通过测定烟气排烟温度、氧气、二氧化碳严格控制过量空气系统 α 。
燃气锅炉一般排烟温度偏高。据 2004 年某检测单位数据分析，45%以上超过燃气工业锅炉节能检测标准（DB11/180-2003），但标准化仅是合格标准。	应改装烟气余热回收装置或二次余热利用装置，前者终端排烟温度约 80~90℃，节能 2%~3%；后者终端排烟温度约 40~50℃，节能 5%~8%。
锅炉设计欠妥，热水锅炉在锅筒前下侧进（回）水，影响炉膛内燃气温度提高，造成排烟温度偏低。	若提高供热水温度，热水加热与烟气流动要一致：最好从锅筒上部进入（回水），设导流板向前流动与烟气每个回程一致。
炉膛烟管不定期清扫，甚至发生过堵死现象。	每年定期清扫炉膛和烟管，提高热效率，节约能源。

第二章 “煤改气”项目评述

本章介绍锅炉房煤改气过程中设计和设备选择方面的技术，包括安装燃气燃烧器、锅炉置换、已有辅机设备的利用与更换、锅炉系统分散化。介绍并评述项目执行策略、锅炉与热用户的连接方式、热水供应方式、供水温度的调节，以及预保温管道技术。本章内容既适用于煤改气项目，也适用于新建项目。

第一节 煤改气锅炉房的条件分析

一、锅炉房的地理位置

从 1998 年开始，北京环保部门为煤改气进行了一系列的努力。目前北京三环以内已经禁止新建燃煤锅炉房。本指南和推荐主要考虑位于三环以外五环以内将要置换的锅炉房。但是它也同样适用于其他地区将来进行置换的锅炉房。

范项目改造的锅炉房的地理位置见图 2-1。

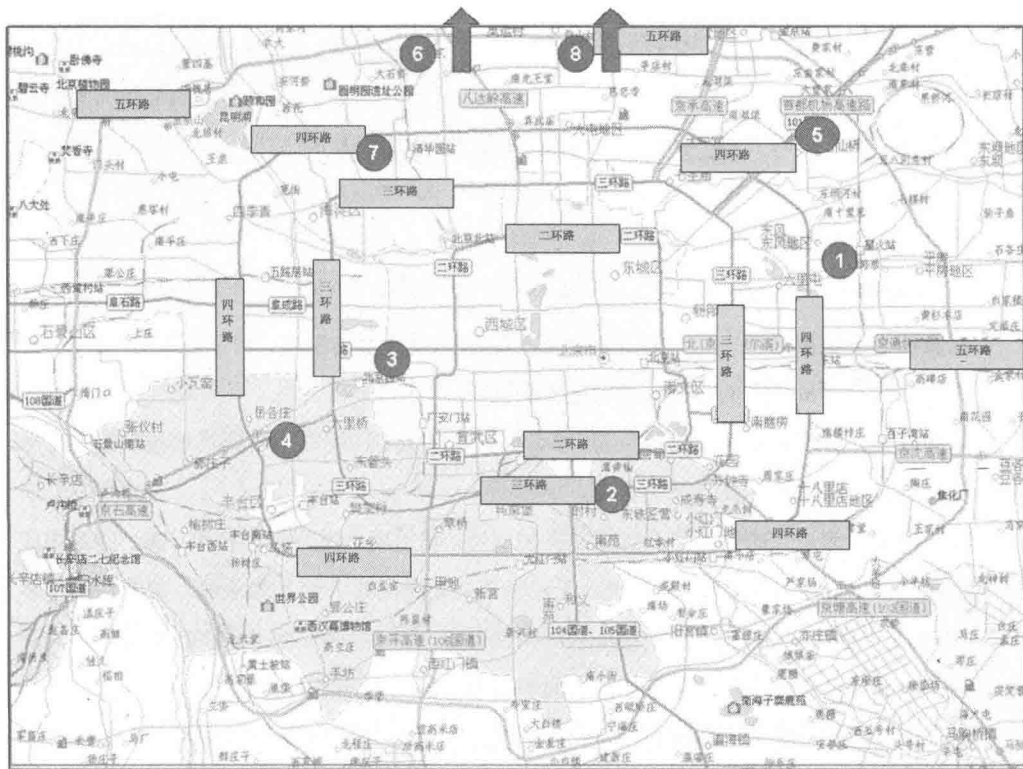


图 2-1 北京锅炉房的地理位置

二、锅炉房容量

下面所选的示范锅炉房（见表 2-1）代表了煤改气的居民区锅炉房的典型容量。

表 2-1 锅炉房配置

锅炉房 编号	锅炉房 容量 MW	每台锅 炉容量 MW	锅炉额 定参数 MPa/℃	集中供 热参数 ℃
1	16.8	4×4.2	1.0/115	80 / 60
2	8.4	3×2.8	1.0/100	70 / 60
3	8.4	3×2.8	1.0/100	80 / 60
4	25.2	6×4.2	1.0/90	70 / 60
5	2.8	2×1.4	1.0/100	60 / 50
6	12.6	3×4.2	1.0/90	70 / 60
7	8.4	2×4.2	1.0/100	70 / 60
8	8.4	3×2.8	1.0/90	70 / 60

2006 年 5 月 24 日版

三、热媒

热媒主要是热水，有少数是蒸汽。热水用于单栋楼房和既有居民楼又有商用楼还有公共设施（医院、学校）的复合型用户建筑。蒸汽由专门的锅炉生产，供给商用楼和公共建筑设施中的餐厅和洗衣房。

供热热水的温度仅仅根据室外温度手动控制，而室外气温在整个采暖期是变化的。这样就造成了过高的能源消耗。进一步节能的另一个有效方法是使用变频泵。

第二节 “煤改气” 实施情况

一、拟建燃气锅炉的状况

1、拟建燃气锅炉的现状

热负荷必须根据设计室外气温（北京为-9℃）和设计室内温度（居室内温度 18℃）进行计算。热源的容量必须能够满足连续热量消耗。

如果没有计算现有居民区的热负荷，那么必须要按照中国标准中不同类型建筑物的每平方米标准热负荷[W/m²]来计算设计热负荷。

按照旧的观念设计的热源都有容量过大的问题。利用现代燃气锅炉技术，锅炉回路中应该采用锅炉供水额定参数。一般来说，无论是直接还是间接管网连接系统，都使用额定参数 115/70℃。在示范项目的设计中没涉及外网温差低（从 80/60℃到 60/50℃）的问题。提高外网温差将降低循环水量，改善各住户之间的压差，并合理地节约电能。

整个燃气锅炉房和输配系统必须有合适的控制和检测。热计量不仅应该在锅炉端有，外网以及每一个支网也应该有热计量。目前，热计量的输出都是数字化的。

2、推 荐

在北京现有锅炉房煤改气的设计中，设计人应尽可能多地收集资料，审查并重新计算这

些信息，在其设计中应尽可能地应用现代技术、控制系统和计量技术。

二、在现有燃煤锅炉中安装燃气燃烧器

1、改造的优点

- 投资成本低

改造不仅是在旧锅炉的设计基础上加上燃烧器。锅炉的前壁需要彻底改变。给煤和除灰需要拆掉，并在这个地方建起新的传热壁。配合炉内负压控制，引风机要换成大一些的。还要安装一个新烟道和烟囱。考虑燃烧室的密封性，锅炉表面的特定部位还要用金属保护层。

2、改造的缺点

(1) 效率低

将改造情况与特定的燃气锅炉设计相比，存在如下问题：

- 燃煤锅炉的密封不好，由于必须在燃烧室维持一定的负压。因此无法达到 1.3 这一较好的空气过量系数，实际上的平均空气过量系数估计值为 1.5，由此带来的损失增加 1.9%。

- 由于锅炉本体的保温不好以及外表面面积大，锅炉辐射和对流损失也高一些。增加的损失大约为 1%到 3%。

- 与相应的燃气锅炉相比，燃煤锅炉的燃烧室非常大。因此，启动时所需的预吹扫时间长，使总平均损失增加 0.1%。

- 在锅炉启动时，锅炉的砖体需要加热。在锅炉停机的时候，这些热量就损失掉了。这使锅炉的平均效率下降 1%。

考虑上述问题，即使燃气的燃烧损失比燃煤的燃烧损失低得多，但与安装新的燃气锅炉相比，在燃煤锅炉基础上改造成燃气锅炉的效率要低大约 5%。

推荐：

由于燃气价格不断升高，因此对锅炉效率提出了更高的要求。

(2) 安全

就安全问题而言，砖体的锅炉本体是一个危险的地方。本体越旧，砖之间的缝隙越大，燃气更易泄漏，危险性比燃煤大。内部的砖承受高温，使其寿命受到一定的限制。砖的紧密性受到破坏。

① 一旦出现控制和安全系统严重故障，大燃烧室内可能聚集更多的未燃气体，在人口密集的地方发生爆炸的影响更大。

② 锅炉本体密封不好会带来燃气泄漏，在锅炉房内燃气浓度可能快速增高。

(3) 负荷变化相应时间长。

就负荷控制而言，重型锅炉的响应时间比燃气锅炉的响应时间长得多。

3、推 荐

新燃气锅炉，特别是新装的效率更高的燃气锅炉的优点明显比改造的优点多。从一般投资策略的角度看，在可能情况下要尽量使用新建锅炉。