

综述与专论

## 北京市可持续发展实验区工业领域 能源利用研究

付萌,章永洁,蒋建云,叶建东,张帆

(北京市可持续发展促进会,北京 100084)

**摘要:**能源利用、环境保护与可持续发展问题的研究已成为一个重要课题。本文讨论了以高能耗为特征的北京市工业可持续发展问题,选取北京市可持续发展实验区的怀柔区和石景山区作为主要研究对象,针对实验区工业领域典型企业进行广泛调研,分析了高能耗工业企业能源利用情况及其特点。研究结果表明,怀柔区和石景山区可持续发展实验区均呈现能源消费高度集中的主要特征。此外,对代表性企业实施的余热回收和水资源循环利用等节能改造方案进行深入研究,并进行技术经济分析。继续深入挖掘潜力,为“十二五”期间可持续发展实验区工业节能工作的深化和细化奠定基础。

**关键词:**可持续发展;能源利用;高能耗;工业节能

中图分类号:TK01+9 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2015)02-0001-04

### RESEARCH ON THE INDUSTRIAL ENERGY USE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT TEST ZONE IN BEIJING

FU Meng, ZHANG Yong-jie, JIANG Jian-yun, YE Jian-dong, ZHANG Fan

(Beijing Association of Sustainable Development, Beijing, 100084)

**Abstract:** The research on the resource utilization, environmental protection and the sustainable development problem has already become an important subject. To analyze the industrial sustainable development of characteristics of High energy consumption in Beijing, the Huairou and Shijingshan district of sustainable development test zone is selected as the main object. Research on the typical industrial enterprises of test zone, the characteristic of energy use of high energy consumption industrial enterprises is analyzed. The result shows that the Huairou and Shijingshan districts take the same feature of high concentration of energy consumption. In addition, to make a further research on waste heat recovery and water recycling and other energy saving programs implemented by typical enterprises, the technical and economic analysis is also contained. Continue to thoroughly explore the potential to make a foundation for industrial energy work of sustainable development test zone in the "Twelfth Five-Year" period.

**Key words:** Sustainable development; Energy use; High energy consumption; Industrial energy conservation

### 1 引言

收稿日期:2014-08-10

第一作者简介:付萌,女,1982年04月生,工学硕士,清华大学建筑节能研究中心。

可持续发展实验区是科学技术部自1986年组织开展的以促进经济社会协调可持续发展为主要内容的重要工作<sup>[1]</sup>。可持续发展实验区旨在通过科学与技术进步,全面提高实验区的可持续发展

能力,探索不同类型的经济、社会和资源环境协调发展的机制和模式,为不同类型地区实施可持续发展战略提供示范<sup>[2]</sup>。

北京市是最早建设可持续发展实验区的省级行政单位之一,推动建立了“三大七小”十个实验区,每个实验区的特色鲜明,在探索实践不同特色可持续发展模式上各有优势,在资源、环境和社会可持续发展等领域取得了一系列的成果和经验,实验区可持续发展态势发生了明显的变化。

据统计,2012年,北京市工业总产值15 596.2亿元,同比增长7.4%。全市能源消费总量为7 177.7万吨标煤,同比增长2.6%。第一产业能源消费量为100.8万吨标煤,同比增长0.5%,占全市能源消费量的1.4%,与上年同期持平;第二产业能源消费量为2 426.1万吨标煤,同比降低2.5%,占全市能源消费量的33.8%;第三产业能源消费量为3 252.1万吨标煤,同比增长4.9%,占全市能源消费量的45.3%<sup>[3]</sup>。从能源消费结构看,北京市能源消费以煤、电、油、气为主;从能源的利用效率看,北京市万元GDP能耗呈逐年降低趋势,但与经济发达国家相比还有较大差距。为了实现能源、经济、环境的可持续发展,必须解决能源对经济发展的制约问题,走新型工业化道路,开发新能源和可再生能源,并加大节能的宣传力度,倡导科学的生活方式。

## 2 石景山区高能耗工业企业能源利用分析

### 2.1 石景山区工业企业能源利用特点

随着以首钢、北京重型机械厂等“八大厂”为代表的重工业陆续通过搬迁、合资转型等方式淡出石景山,为石景山区推动产业向低碳化、高端化转型升级提供了有力支撑,使石景山区成为本市继西城区、怀柔区之后的第三个国家级可持续发展实验区。作为北京重要的经济转型区,石景山全区经济平稳较快发展。2011年,全区规模以上工业企业共68家,全区经济发展明显加快,工业生产实现转型发展,全年规模以上工业企业累计完成工业总产值312.7亿元,比去年同期下降17.5%。其中,现代制造业实现工业总产值53.3亿元,同比下降2%;高技术产业完成工业总产值14.4亿元,同比下降19%<sup>[4]</sup>。随着全区经济结构战略性调整,能源消费水平明显下降,节能降耗效果显著,主要呈现以下特点。

#### 2.1.1 能源消费高度集中,以原煤、电力、热力为主

石景山区的发展主要在于制造业,而且消耗大量能源的传统产业在第二产业中占绝对比重,如成品矿、钢铁、铸件、电力等。虽然随着国家节能减排的发展规划,以及北京市及石景山区产业结构的调整,相关工业企业北京首钢氧气厂、北京首钢耐材燃料有限公司、北京首钢嘉华建材有限公司等企业在北京地区也相继停产减产,全区能耗有所降低,但大唐国际高井电厂和京能集团京能热电厂作为电力、热力的生产和供应业的代表企业,承担着北京西部供热供电的重任,其能耗依旧很大,占工业总能耗的35%左右。电力、燃气及水的生产和供应业继续承担着石景山区经济发展的责任,因此,能源消费高度集中,原煤、电力、热力依旧是石景山区能源消费的主体。

#### 2.1.2 高能耗行业节能技术广泛应用

随着国家节能减排的发展规划,全区重点企业也进行了多项节能改造工作,在满足企业生产的基础上,不断减低企业能耗,能源利用率大幅度提高。大唐国际高井电厂和京能集团京能热电厂作为电力、热力的生产和供应业的代表企业,在承担着北京西部供热供电重任的同时,通过技术改造和科学管理,近几十年来,企业内部做了很多节能改造工作,积极履行社会责任,在减少污染和节能减排行动中,排放指标全部达到北京市标准,主要指标甚至优于欧洲环保排放标准,成为被社会广泛认可的绿色环保型企业。

#### 2.1.3 节能环保产业蓬勃发展

黑色金属冶炼及压延加工业内,虽然首钢及相关企业已经搬迁或停产减产,但其留下了很多经验丰富的研究人员,其丰富的理论和实践知识,为石景山节能环保产业的发展提供坚实的后盾。例如,北京信力筑正新能源技术股份有限公司的中坚力量就是由出身于国营大型钢铁设计院的科研人员组成,根据多年来几百项工程设计安装调试的实践经验,推出了具有本公司自主知识产权,针对不同工艺过程和规模特点的能源、环保系统设计和软硬件集成产品,公司的业务涵盖冶金、建材、能源、石化、机械、电力、轻工、城建等多个行业和领域,为石景山及北京市的节能环保产业贡献力量。

### 2.2 石景山区高能耗工业企业能源利用调研

燃气及水的生产和供应业内,大唐国际高井

电厂和京能集团京能热电厂是其中的代表企业，在承担着北京西部供热供电重任的同时，通过技术改造和科学管理，企业内部做了很多节能改造工作，在减少污染和节能减排行动中，排放指标全部达到北京市标准，主要指标甚至优于欧洲环保排放标准，成为被社会广泛认可的绿色环保型企业。因此，其进行一些节能技术改造具有很好的示范推广作用。对石景山区高能耗工业企业能源利用情况进行现场调研——以京能热电厂为例。京能热电先后实施了多个节能减排项目，取得了节水、节电、节油等各方面的显著效果。

(1)循环水余热利用工程：该项目完工后，年节煤 3.4 万吨，减排 CO<sub>2</sub> 排放量 8.5 万吨/年，减排 SO<sub>2</sub> 排放量 285.6 吨/年，减排 NO<sub>2</sub> 排放量 248.6 吨/年，减排灰渣量 8 277 吨/年。

(2)锅炉油枪系统改造：对 1、3、4 号锅炉小油枪改造后冷热态点火节油率均达到 90% 以上，对 2 号锅炉进行交流等离子点火装置改造，冷态点火时节约 12 万元，热态点火时节约 7 万余元。四台炉油枪系统改造共投入 463 万元，锅炉消耗点火助燃用油 112 吨，按照节油率 90%，每吨油 7 000 元计，节省费用 700 余万元，不到半年即可收回投资。

(3)风机变频改造：对吸风机增容及变频器进行改造，吸风机改造前耗电率为 1%，改造后为 0.8%，年节电约 974 万千瓦时。一次风机变频改造后节能效果最为明显，改造后降低到 0.5%，年节电约 1900 万千瓦时，节电率能达到 40%。按电价 0.41 元/千瓦时计算，风机变频改造年节省费用 1 178 万元，2 年左右即可收回投资。

(4)锅炉尾部烟气余热换热器改造：以较小的投资将 2 号低加出口凝结水作为冷源对预热器出口 4 个烟道上的烟温余热给予部分回收利用，不仅满足了除尘器入口对烟温的要求，同时使排烟温度降低 13 ℃左右。经测算，年可节约标煤 1 183.75 吨，按照每吨标煤 500 元计算，节省费用 59 万元，2 年半左右可收回投资。

通过多年来的节能改造工作，公司能耗指标大幅度降低，取得年节煤量 15 万吨，节电量 4 597 万千瓦时，节油量 100 吨的显著成效。

### 3 怀柔区高能耗工业企业能源利用分析

怀柔全区工业经济实现较快增长，能源利用效率持续提高。初步统计，2011 年怀柔区能源消

费总量为 101.3 万吨标煤，同比增长 0.9%，单位地区生产总值能耗 0.61 吨标煤/万元，同比降低 5.04%<sup>[3]</sup>。在实验区建设期间，怀柔区充分发挥环境优势，在围绕生态建设调整优化产业结构、促进区域经济协调发展方面实验特色突出。

#### 3.1 怀柔区工业企业能源利用特点

##### 3.1.1 能源消费高度集中

怀柔区规模以上工业企业消费的能源涉及到原煤、电力、热力、汽油、天然气、液化石油气等 14 个品种。其中，原煤、电力和热力是怀柔区工业能源消费的主体。从消费构成看，原煤、电力和热力三种能源的消费量占怀柔区规模以上工业企业综合能源消费量的 90% 以上。

2011 年，怀柔区规模以上工业涉及 26 个行业大类，其中交通运输设备制造业、非金属矿物制品业和饮料制造业是三大重点耗能行业，全年能源消费量分别为 6.4 万吨标准煤、6.4 万吨标准煤和 5.8 万吨标准煤，占规模以上工业企业的 22.3%、22.2 和 20.3%，这三个行业能源消费量合计占规模以上工业企业的 64.8%，可见抓好重点耗能行业的节能降耗是怀柔区节能工作的关键。

##### 3.1.2 重点行业万元产值能耗降低

2011 年 1-2 月份，怀柔区规模以上工业企业万元产值能耗 0.0876 吨标准煤，自 4 月份起天气转暖，万元产值能耗出现一段平稳期，直至 10 月末，万元产值能耗始终维持在略高于 0.06 吨标准煤的水平。11 月进入供暖季，高耗能企业城建沥青公司迁出怀柔，促使万元产值能耗处于较低水平，全年万元产值能耗小幅下降。截至 12 月末，万元产值能耗仍保持下降趋势。

#### 3.2 怀柔区高能耗工业企业能源利用调研

怀柔区工业企业中，制造业和电力、燃气及水的生产和供应业是主要的耗能和耗水企业。制造业高能耗行业包括：食品制造业、饮料制造业、非金属矿物制品业、交通运输设备制造业。怀柔区内电厂基本都是水力发电厂，北京市由于受地理环境限制，水力发电厂并不能普遍建设，其技术普遍推广性较差。对怀柔区高能耗工业企业能源利用情况进行现场调研——以金狮龙门酿造厂为例。

金狮龙门酿造厂以生产酱油和食醋为主，主要能耗为市网供应蒸汽，生产消耗的蒸汽约 2500 吨/月。经实地调研其酱油生产的工艺流程以及各环节蒸汽耗费情况，发现存在的问题有：(1)酱油

蒸料后每天排出余汽 2.47 吨,余汽温度在 80℃左右,一部分排到室外造成浪费,一部分直接排入室内,造成了室内工作环境温度过高;(2)酱油的高温灭菌后温度在 85℃左右,可以与灭菌人口酱油或冷却水经过热交换进行余热回收;(3)高温盐水罐无保温,不但使热量大量流失,而且室内工作环境温度太高,夏季时工人中暑时有发生;(4)厂区管道设计不合理,管沟内冷凝水无排水设计,冷凝水浸泡疏水阀及管道保温已经破坏,且管道内有大量蒸汽泄漏。

### 3.2.1 企业节能改造方案

针对调研时发现的问题,企业开展了四部分节能改造工作:

(1)蒸料余汽回收利用系统:该系统在原有的乏汽排放管上加装一个乏汽余热回收器,蒸料余汽回收利用系统 WSRS 每年节约的等效蒸汽用量为 399.6 吨,年节省加热蒸汽费用为 7.91 万元。WSRS 系统改造投资额总计约 28.2 万元,投资回收期约为 3.6 年。

(2)酱油冷却工艺节能系统:利用高效换热器对酱油冷却工艺中的低品位热能进行回收利用,不仅降低了高温灭菌后的酱油温度,而且高温灭菌酱油加热了低温酱油及循环冷却水,从而减小了加热蒸汽的使用量,回收系统原理如图 1 所示。

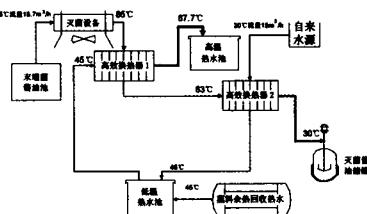


图 1 酱油冷却工艺热回收系统

酱油冷却工艺节能系统 SCES 每年节约的等效蒸汽用量为 763.2 吨,年节省加热蒸汽费用为 15.11 万元。SCES 系统总投资约为 31.3 万元,改造回收期约为 2 年。

(3)高温盐水罐保温改造:原用高温盐水罐暴露在空气中,高温罐体对环境直接散热,造成热能的巨大浪费,通过在盐水罐周围外包硅酸铝加不锈钢保温层,可有效阻止热量损失。

高温盐水罐保温改造 SWHI 每年节约的等效蒸汽用量为 1933.2 吨,年节省加热蒸汽费用约为 38.3 万元。SWHI 系统总投资额约为 19.4 万元,投资回收期约为 0.5 年。

(4)蒸汽管道输配系统改造:根据厂区蒸汽管道易积水的情况,为确保节能效果,车间外蒸汽管道保温材料改为硅酸铝加聚氨酯。

蒸汽管道输配系统改造 VTES 每年节约的等效蒸汽用量为 2 437.1 吨,年节省加热蒸汽费用为 48.26 万元。VTEs 系统总投资额约为 13.6 万元,投资回收期约为 0.3 年。

### 3.2.2 企业总体节能效益

表 1 为金狮龙门酿造厂总体节能效果与年节省费用。

根据表 1,金狮龙门全部节能改造项目每年约减少 109.6 万的能耗投资。所有项目的改造总投资约为 92.5 万元,投资回收期约为 0.8 年,经济效益良好。

表 1 各分项节能改造项目的节能量与节省费用统计表

改造项目名称	节能量/kW	月节省费用/万元	年节省费用/万元
蒸料余汽回收利用系统 WSRS	106.21	0.66	7.91
酱油冷却工艺节能系统 SCES	473.03	1.26	15.11
高温盐水罐保温改造 SWHI	149.72	3.19	38.28
蒸汽管道输配系统改造 VTES	192.90	4.02	48.26
合计	921.86	9.13	109.56

## 4 结论

建设可持续发展实验区有助于进一步提高区域自主创新能力,促进产业结构调整升级,引导经济增长方式向集约化转变,推动区域经济、社会、人口、资源、环境的全面协调可持续发展<sup>[6]</sup>。北京市可持续发展实验区内工业领域重点企业一直致力于节能减排的工作,采用了很多节能措施对企业用能进行节能改造,取得了良好的效果。研究表明,石景山区能源利用呈现能源消费高度集中,以原煤、电力、热力为主和重点耗能企业左右全区能源消费情况等特点;怀柔区能源利用呈现能源消费高度集中、能源消费结构趋向优化和重点行业万元产值能耗降低等特点。针对实验区工业领域资源利用的特点,选择可持续发展实验区内工业节能适用技术,在节能降耗的同时,获得可观的经济收益。

## 参考文献

- [1]牛文元.中国可持续发展总纲——中国可持续发展总论[M].北京:科学出版社,2007: 120-121.
- [2]陆学艺.可持续发展实验区发展历程回顾与建议[J].中国人口、资源与环境, 2007,17(3):1-2.
- [3]2012 年北京统计年鉴[M].北京市统计局, 2012.
- [4]2012 年石景山区国民经济和社会发展统计公报 [M]. 石景山区统计局, 2012.
- [5]2012 年怀柔区国民经济统计公报[M]. 怀柔区统计局, 2012.
- [6]张卫民.北京城市可持续发展综合评价研究[D].北京,2002.