

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2017.12.008

# 北京市农村“煤改气”和“煤改电” 生命周期环境效益对比分析

□ 北京市燃气集团有限责任公司(100035)杜学平  
□ 北京优奈特燃气工程技术有限公司(100052)张燕平 于玉良

**摘 要:** 采用生命周期分析法对比分析了北京市农村“煤改气”和“煤改电”两种煤改清洁能源方式的生命周期环境排放量,结果表明在CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、灰尘等废气、废水和固体废物排放方面,农村“煤改气”具有比“煤改电”更好的综合减排特性,因此在大力实施清洁空气治理背景下,农村燃煤采暖改造应优先采用“煤改气”方式,天然气作为燃料应在农村清洁能源改造领域做出更大的贡献。

**关键词:** 煤改气 空气源热泵 地源热泵 生命周期分析法 排放物

农村燃煤清洁化改造是北京市政府清洁空气治理的重要措施,为此北京市相继出台《北京市农村地区“减煤换煤、清洁空气”行动实施方案》、《北京市2013年~2017年清洁空气行动计划》等文件,目标到2017年实现农村地区削减燃煤100万t左右,远期实现农村无煤化。目前,“煤改气”和“煤改电”是北京地区农村替代燃煤采暖的两种典型改造方式。

“煤改气”项目具有采暖设备操作简单、供热稳定、用能舒适性高,但改造工程量较大、工期长且用气存在一定的危险性;“煤改电”项目具有施工工期短,安全性较高,但设备操作较复杂、供热不稳定、用能舒适性较低。由于“煤改电”项目消耗的是电能,用能过程不会有污染物排放,因此公众普遍误认为“煤改电”项目的环境效益高于“煤改气”项目,其则不然。

本文通过对“煤改气”和“煤改电”改造方案的生命周期环境影响进行定量对比研究,得出两种煤改清洁能源方式对环境的影响潜值,为选择合适的农村清洁能源改造方式,减轻农村散煤治理给地区带来的环

境污染影响提供参考。

## 1 分析理论与基础数据

生命周期分析法(Life Cycle Assessment, LCA),即汇总和评估一个产品体系在其整个寿命周期内的所有投入及产出对环境造成的潜在影响的方法。LCA作为评价产品生命周期环境影响和资源消耗的有效工具,被广泛应用于不同用能方式的环境效益对比<sup>[1-2]</sup>。

本文以358户,户均住宅采暖面积120m<sup>2</sup>的村庄的燃煤改造项目为比较基础。不同“煤改气”和“煤改电”方式的采暖季单位供暖面积能源消耗值参考了北京市已实施“煤改清洁能源”项目村庄的用气、用电统计结果,其中“煤改电”主要包括空气源热泵、地源热泵、蓄热式电暖器等供能方案,具体如表1。

## 2 天然气生命周期环境排放分析

“煤改气”项目以管道天然气为气源,则其生命

表1 四种供暖方案每户采暖季能源消耗量

供暖系统	能源类型	供暖季单位供暖面积能源消耗量	单户年能源消耗量
天然气壁挂炉	天然气	10.8m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1 296m <sup>3</sup>
空气源热泵	电能	52.8kWh/m <sup>2</sup>	6 336kWh
地源热泵	电能	30.0kWh/m <sup>2</sup>	3 600kWh
蓄热式电暖器	电能	191.5kWh/m <sup>2</sup>	22 980kWh

周期包括了天然气开采、运输和使用三个主要过程。各个过程的排放污染物和排放量如下：

(1) 开采阶段

天然气在开采阶段要进行的主要工程类别有地震勘探、钻井、修井、气田集输、天然气净化等。在开采过程中，对环境将产生下列影响：

①废气的排放

废气主要是由钻井废气，集气站废气，净化厂废气和增压站的泄露组成，主要包含CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和烟尘等。

②废水的排放

废水主要包括钻井废水，地层水，净化厂废水和撬装脱硫废水。

③废渣的排放

废渣主要包括废泥浆、岩屑和净化厂污泥等。

(2) 运输阶段

输气管道在运行过程中其污染物主要来源于天然气，包括清管作业排放的天然气，以天然气为燃料的燃气轮机排气及事故排放时火炬燃烧产生的烟气等；

清管作业中产生的氧化铁粉末及残液，首站排放少量工业废水和生活污水，压缩机产生的噪音和振动等，也是造成环境污染的因素。大气污染物主要以NO<sub>x</sub>为主。

(3) 使用阶段

考虑天然气作为农村采暖壁挂炉的燃料时所产生的排放物，天然气燃烧后不会产生固体废弃物。

综合天然气开采、运输和使用三个过程中污染物排放指标，计算得满足单位用气量所排放的污染物如表2。

3 电力生命周期环境效益分析

如果对“煤改电”进行生命周期环境效益分析，同样地包括了电的生产、运输和使用主要阶段。

(1) 生产阶段

火力发电在燃料燃烧过程中会产生CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>等气体排放物，还会造成As、Pb、Hg等重金属以气态形式释放<sup>[6]</sup>。目前，北京市电力约40%属于市自有发电，60%属于外来电力送入，其中自有发电已经实现了100%天然气发电，外来电力主要来自内蒙古、河北、天津、山西等方向的电网，且以燃煤发电为主，本文外来电力按100%燃煤发电考虑。

(2) 运输和使用阶段

电力在运输和使用阶段极少产生污染物，本文不予考虑。但需考虑企业自用电率和供电的线路损失率，根据2002年中国火力发电工业电厂的统计数据，数值取6.69%。

表2 天然气生命周期环境排放清单<sup>[3-5]</sup>

排放物		每1 000m <sup>3</sup> 天然气生命周期排放量				358户农户用气排放量
		开采阶段	运输阶段	使用阶段	小计	
废气	CO <sub>2</sub> (kg)	232.6	0	2 070.2	2 302.8	1 121 749.4
	SO <sub>2</sub> (kg)	0.415	0	0	0.415	202.2
	NO <sub>x</sub> (kg)	0.159	0.087	3.6	3.846	1 873.6
	烟尘 (kg)	0	0	0	0	0
废水 (t)		0.15	0.006	0.85	1.006	490.1
固体废弃物	废渣 (kg)	6.4	0	0	13.22	6 440.3
	岩屑 (kg)	6.814	0	0		
	污泥 (kg)	0.007	0	0		

注：358户农户年用气量为46.4×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>，考虑输送管网损失率为5%，则生产的天然气为48.7×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。

综上天然气发电和燃煤发电所排放的污染物指标，计算得满足358户农户不同“煤改电”方式所需用电的排放物如表3。

同样地天然气发电还需要考虑所使用的天然气在开采、运输环节的废气、废液、废渣的排放。天然气输送考虑5%的损失率。

#### 4 对比分析

综上得出358户农户“煤改气”和“煤改电”不同清洁能源改造方式生命周期环境污染物排放量见表5和表6。

可见虽然在采暖阶段，空气源热泵、地源热泵和

表3 358户农户不同“煤改电”方案发电、用电环节所排的污染物

类型	方式	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	灰尘	CO <sub>2</sub>	废水	灰渣
(1) 燃煤发电排放量 (kg)	空气源热泵	12 402	2 546	1 590	4 001 260	146 588 611	180 669
	地源热泵	7 047	1 446	904	2 273 443	83 288 984	102 653
	蓄热式电暖器	44 980	9 233	5 768	14 512 146	531 661 345	655 268
(2) 天然气发电排放量 (kg)	空气源热泵	0	253	0	952 681	53 625 334	0
	地源热泵	0	144	0	541 296	30 468 940	0
	蓄热式电暖器	0	918	0	3 455 273	194 493 398	0
(1) + (2) 合计 (kg)	空气源热泵	12 402	2 799	1 590	4 953 941	200 213 945	180 669
	地源热泵	7 047	1 583	904	2 788 963	112 307 021	102 653
	蓄热式电暖器	44 980	10 151	5 768	17 967 419	726 154 743	655 268

表4 358户农户不同“煤改电”方案生命周期环境排放清单

排放物	空气源热泵			地源热泵			蓄热式电暖器			
	产输气	发电用电	合计	产输气	发电用电	合计	产输气	发电用电	合计	
废气 (kg)	CO <sub>2</sub>	44 319	4 953 941	4 998 260	25 181	2 788 963	2 814 144	160 739	17 967 419	18 128 158
	SO <sub>2</sub>	79	12 402	12 481	45	7 047	7 091	287	44 980	45 267
	NO <sub>x</sub>	47	2 799	2 846	27	1 583	1 610	170	10 151	10 321
	灰尘	0	1590	1 590	0	904	904	0	5 768	5 768
废水 (t)	29.7	30	200 214	200 244	17	112 307	112 324	108	726 155	
固体废弃物 (kg)	2 518.9	2 519	180 669	183 188	1 431	102 653	104 084	9 136	655 268	

表5 不同清洁能源改造方式生命周期环境污染物排放量

排放物	管道天然气	空气源热泵	地源热泵	蓄热式电热器	
废气 (kg)	CO <sub>2</sub>	1 121 749	4 998 260	2 814 144	18 128 158
	SO <sub>2</sub>	202	12 481	7 091	45 267
	NO <sub>x</sub>	1 874	2 846	1 610	10 321
	灰尘	0	1 590	904	5 768
废水 (t)	490	200 244	112 324	726 263	
固体废弃物 (t)	6.4	183.2	104.1	664.4	

表6 当量生命周期环境污染物排放量对比

排放物	管道天然气	空气源热泵	地源热泵	蓄热式电热器	
废气	CO <sub>2</sub>	1	4	3	16
	SO <sub>2</sub>	1	62	35	224
	NO <sub>x</sub>	1	2	0.9	6
	灰尘	0	1 590	904	5 768
废水	1	409	229	1 482	
固体废弃物	1	28	16	103	

注：取“煤改气”管道天然气方式排量为单位1。

蓄热式电热器供暖方案几乎是零排放，备受决策部门青睐。然而，正如表5和表6显示，“煤改气”项目可实现生命周期灰尘的零排放；在SO<sub>2</sub>和废水排放量比值方面，“煤改电”项目是“煤改气”项目的35倍、229倍以上，且随着“煤改电”项目耗电量越大则倍数越大。可见如果从燃料的生产阶段追溯，可以很明显的看出，“煤改电”项目的“燃料”——电力的各项排放指标远远超过化石燃料，主要原因就是电力的生产过程远比化石燃料的开采炼制过程复杂、排放物量大和耗能高，导致其生命周期污染物排放量非常高。由于我国电力结构以煤电为主，造成电力从根源上就不够清洁，以我国雾霾已经非常严重的京津冀地区为例，若大力发展农村“煤改电”，电力需求的快速增长将进一步增加煤电负荷，不但起不到减霾的效果，很可能适得其反。

## 5 结论

从生命周期来看，“煤改气”所需的天然气由于其生产过程中已经脱除了绝大部分的杂质，因此具有

比“煤改电”项目更好的综合减排特性，相信在政府主管部门的正确引导下，天然气作为燃料在农村清洁能源改造领域将做出更大的贡献。

### 参考文献

- 1 郭文成. 浅谈生命周期分析与评价. 环境科学动态, 1999; 1: 13~15
- 2 马明珠, 张旭. 利用LCA评价方法对土壤源热泵节能减排效益的研究. 节能, 2007; 8: 8-9
- 3 董志强等. 天然气利用对环境影响的生命周期分析. 天然气工业, 2003; 23(6): 126-130
- 4 王寿建. 天然气综合利用评析(下). 化肥设计, 2000; 1: 5-8
- 5 徐德民. 天然气在热电联产和联合循环发电中的利用. 石油与天然气化工, 1997; 3: 156-159
- 6 狄向华, 聂祚仁, 左铁镛. 中国火力发电燃料消耗的生命周期排放清单. 中国环境科学, 2005; 25(5): 632-635

### 其他消息

## “燃气入村” 满足村民新期待

据了解，人头山村作为张家口市“美丽乡村”试点村，北邻崇礼区，东、南接宣化区，海拔1 600m，全村共有368户1 033人。当地自然环境好，但地理位置不具优势，该村四周环山，距离市区有十余公里，一路爬山，海拔从800m提升到1 200m，因当地环境比较特殊，存在施工难度大、路途遥远、海拔高、天气寒冷、道路崎岖，住户分散等诸多困难，导致该村无法实现天然气管道供气。为此中油金鸿天然气有限公司经过多次实地勘察，决定在村西建设一座LNG供气站，并根据村内地势采用埋地与架空相结合的方式施工，来满足该村农民的用气需求。

人头山村张书记摸着即将通气的管道激动地说：“我们祖祖辈辈都没想到能用上天然气，我打

心眼儿里高兴，还得感谢政府，感谢中油金鸿天然气公司。”虽然目前我们已经脱贫，但是经济基础还不稳定，村民收入主要依靠人均2 000m<sup>2</sup>地，还是靠天吃饭，但我相信随着天然气的引进，我们下一步将要大力发展乡村旅游业、农副产品加工业，进一步来拓宽村民的增收致富渠道。

据悉，该项工程从2016年8月底开始施工到目前已经进入最后通气阶段，当前全村共有100余户已经具备通气条件。燃气公司相关负责人介绍说，公司将进一步保障该村气源的充分供应，同时也将采取各项安全防范措施，坚持常态化排查安全隐患，保障燃气设施的正常运营，努力让该村农民用上“安全气”、“放心气”。

(王嘉亮)