监测与分析

天然气对室内空气污染的卫生评价

王菊凝 陈宝生 刘光铨 张 月

（中国预防医学科学院环境卫生与卫生工程研究所，北京 100050）

赵振华 林莲卿

（北京市环境保护科学研究院 100037） （北京市放射卫生防护所 100013）

摘要 对比天然气与煤气、液化石油气在燃烧过程中对室内空气的污染，监测包括B(a)P的常规污染物，并测定了监测户的代表对象的尿1-羟基芘。对北京天然气从气源厂、中转门站至末端作了一年四季氧的浓度及变化的检测观察。为对3种燃气中有机成分进行分析，特殊设计了大流量采样装置采集了3种燃气的燃烧产物，并对3种燃气燃烧产物中颗料物上半挥发性有机物进行色质联机分析鉴定。结果表明室内常规污染物中颗粒物和CO在采暖季节均超标，但用天然气厨房为最低；NO_2、CO_2天然气组稍高；颗粒物中B(a)P量亦天然气组低；且户主对象尿中1-羟基芘也最低。3种燃气的有机成分煤气与液化石油气均较天然气复杂。氧在北京地区天然气中对室内的贡献占居民有效剂量不足1‰。与传统燃料相比，气体燃料均属清洁燃料，而3种气体燃料中，天然气较其他2种更为清洁。

关键词 天然气，室内空气污染，有机物，氧，1-羟基芘，环境监测。

我国天然气储量丰富，热能值高，已发展成为家庭能源并逐年有较大幅度增长，至1993年底用户为24万户，供气量为$1.5\times10^9\ m^3/a$，至2000年将增至$8.5\times10^9\ m^3/a$，前景广阔。

国外有关天然气对人群健康影响的报道较多，但大多是天然气开采、加工、净化过程中产生污染所致人群的影响方面，如急性事故性中毒、居民健康素质下降、呼吸道疾病及癌发病率高等等。

作为民用天然气能源对使用者的健康影响主要需着眼于其对生活环境的影响，即对室内空气污染的影响。室内空气污染是近年国际国内学术界十分关注的卫生问题，但有关天然气对室内空气环境的影响问题国内外尚未见有全面综合的报道。

1 材料与方法

1.1 室内空气污染监测

选择使用天然气、煤气及液化气（迁入新居尚未通煤气前暂用液化气）的中级单元住宅各4户共12户，于夏季（1992-06-24—1992-07-04）及冬季（1992-12-10—1992-12-19）分批进行连续3 d室内空气污染监测，为避免烹调油烟之干扰，采样条件为上下午各1次，采样时关闭门窗，一律不开抽油烟机，将燃灶转扭打开至45°令其燃烧，为免除干烧时向上热力过强熔损烟罩，仿做饭时情况，灶上放一壶水，但为避免过多水蒸气干扰，保持不使水沸腾状态下持续$\frac{1}{2}$ h，在此期间采样。

室内监测指标为颗粒物（IP）、CO、SO_2、NO_2、CO_2及B(a)P。采用方法见表1[1]。

表1 采样方法

颗粒物	KC8301采样器	常规方法
CO	塑袋采样	Ecolyzer仪分析
SO_2	四氯汞钠吸收液	盐酸副玫瑰苯胺分光光度法
NO_2	盐酸萘乙二胺	分光光度法
CO_2	GXH-3010C型便携式红外分析器（只测冬季）	
B(a)P	用聚氨基甲酸酯塑料（PUFP）及玻璃纤维滤膜（GF）采样器采集空气中气相和颗粒物上多环芳烃化合物（PAHs），经提取分离后用反相高压液相色谱-荧光检测器进行分析。	

收稿日期：1994-11-10

1.2 燃气燃烧产物中有机成分

用大流量采样装置对3种燃气进行了累计为2月的大量采样，采集到的3种燃气的燃烧产物中颗粒物样品，对照样品和空白滤膜，分别放在250 ml的索氏提取器内，为了提高提取效率，在室温下用二氯甲烷浸泡20 h，再回流提取12 h(70－80℃)。提取物用K-D浓缩器浓缩近干后，放入无水氯化钙干燥至恒重。根据样品量，空白和提取物的量计算出3种燃烧产物中颗粒物上有机物含量(重量法)。将提取物用二氯甲烷溶解至适当浓度后进行色/质联机分析鉴定[2](Finnigan-MAT4510型色质联机)。

1.3 北京地区天然气氡(Rn)含量的测定

目前北京的天然气主要是来自任丘油田的伴生气。为了解不同气井天然气中Rn浓度，分别采集了任丘油田的5口气源井天然气进行Rn的测定。为了解天然气输运过程中Rn浓度的可能变化，分别于天然气混合后出口和进入北京的门站和用户末端采气作Rn测定。为了解天然气中Rn浓度随时间的变化，自1992-03，每周2 d共8 d每天上午7：00—7：30，中午11：30—12：00和下午6：00—6：30之间采集末端天然气，在1992-03—1993-02期间每月中旬随机选择1 d的11：30—12：00收集末端天然气，作Rn分析，采用FD-125室内氡气分析仪测定。

1.4 受试对象尿中1-羟基芘测定

对3种燃气各4户，每户以主要负责家庭烹调者为受试者，采尿样进行1-羟基芘测定[3]。

尿样的预处理：取10 ml尿样加入5 ml 0.5 mol/L醋酸盐缓冲液(pH5)，内含1000单位的葡萄糖苷酸酯酶(H-1型，美国Sigma公司产品)，37℃下保温1 h，水解后的尿样用SEP-PAK C 18柱(Wates公司产品)富集分离，用甲醇洗脱后在60℃下浓缩至0.5 ml，用HPLC分析1-羟基芘含量。

尿中1-羟基芘的表示方法：由于测定的样品不是24 h的全尿，为了克服尿样浓淡所造成的误差，采用2种校正方法：

肌酐校正法：用同一样品中肌酐的测定值校正，以(μmol/L1-OH-芘/mol肌酐)表示。

比重校正法：我国尿标准比重值(1.020)进行校正。

2 结果

2.1 室内空气污染物监测

监测结果见表2—4。

从表2结果可见，3种燃气均冬高于夏，夏

表2 3种燃气室内空气中颗粒物(IP)及其中B(a)P浓度

燃气类型		IP (mg/m³)		颗粒物B(a)P (ng/m³)	
		夏季	冬季	夏季	冬季
天然气	1	0.185	0.253	0.81	10.10
	2	0.165	0.272	0.99	10.31
	3	0.098	0.298	1.17	13.00
	4	0.134	0.145	2.16	21.74
	$\bar{X}$±SD	0.146±0.033	0.242±0.058	1.28±0.52	13.79±4.73
煤气	1	0.089	0.121	1.51	12.02
	2	0.178	0.209	2.71	19.86
	3	0.261	0.266	1.97	17.00
	4	0.159	0.189	1.90	15.91
	$\bar{X}$±SD	0.172±0.061	0.196±0.052	2.02±0.43	16.20±2.81
液化气	1	0.097	0.250	2.46	18.40
	2	0.091	0.356	3.67	36.19
	3	0.167	0.328	2.64	14.37
	4	0.153	0.334	4.79	41.25
	$\bar{X}$±SD	0.127±0.033	0.317±0.040	3.39±0.93	27.55±11.40

季3者间差别不太明显，3种燃气浓度均在150 μg/m³左右，以燃煤气组稍高。冬季3种燃料均超过卫生标准，以液化气组最高，317 μg/m³。总之在颗粒物浓度上，3种燃气不论冬季或夏季并不存在很悬殊的差异，但在颗粒物中B(a)P含量上却有不同，冬季数倍至数十倍高于夏季，夏季及冬季3者间差异档次明显，均以天然气中含量最低，而液化气中含量最高。

从表3结果可见，CO均冬显著高于夏；厨房高于居室；不论冬夏均明显超标，冬季尤甚；3种燃气对比，天然气与煤气不相上下；而液化石油气大大高于前2种燃气。

SO_2，不论冬夏或几种燃气之间均较低，一般不超标，只在煤气组冬季偏高，可能与煤气中含硫有关。

NO_2居室浓度只测了冬季，均较低，说明室内NO_2主要来自厨房炉灶。冬夏的差别不显著、不规律，虽最高的浓度为夏季使用液化气的厨房，但使用天然气的厨房冬季也较高，二者不相上下，只煤气组稍低，但均超标，而天然气伴生气中也常夹杂有氮，故是研究天然气对室内污染所关注的问题。

从表4结果可见，开火前不论居室和厨房浓度均最低；随开火时间之延长，浓度均不断

表3 3种燃气室内空气中CO、SO_2、NO_2浓度(mg/m³)

燃气类型	采样地点		CO 夏季	CO 冬季	SO_2 夏季	SO_2 冬季	NO_2 夏季	NO_2 冬季
天然气	厨房	均数	7.1	10.8	0.10	0.04	0.64	0.87
		范围	3.8—12.5	1.9—16.3	0.09—0.13	0.02—0.20	0.23—1.43	0.15—3.04
	居室	均数	3.5	5.2		0.03		0.10
		范围	1.4—10.0	1.9—12.5				
煤气	厨房	均数	6.5	10.9	0.11	0.74	0.38	0.23
		范围	4.4—10.6	6.3—32.5	0.07—0.22	0.07—2.69	0.10—0.93	0.07—0.38
	居室	均数	2.7	6.9		0.15		0.04
		范围	1.9—5.0	3.8—15.0				
液化气	厨房	均数	20.3	21.8	0.11	0.02	0.93	0.42
		范围	5.0—56.3	8.8—48.8	0.10—0.34	0.01—0.07	0.15—2.19	0.13—0.85
	居室	均数	5.4	10.3				0.04
		范围	2.5—6.3	5.0—31.3				

表4 室内CO_2测定结果(%)[1)]

测定时间(min)	测定地点	液化气 $\bar{X}$	液化气 N	液化气 范围	煤气 $\bar{X}$	煤气 N	煤气 范围	天然气 $\bar{X}$	天然气 N	天然气 范围
开火前	厨房	0.091	3	0.072—0.120	0.055	2	0.042—0.069	0.138	5	0.070—0.210
开火前	居室	0.071	5	0.064—0.083	0.060	1	0.060	0.166	4	0.085—0.240
开火5—15	厨房	0.125	3	0.055—0.220	0.130	2	0.119—0.142	0.254	4	0.120—0.420
开火15—30	厨房	0.228	5	0.090—0.230	0.182	3	0.160—0.199	0.431	7	0.250—0.720
开火30—45	厨房	0.336	5	0.200—0.500	0.198	9	0.180—0.240	0.607	9	0.250—0.790
开火30—45	居室	0.136	3	0.119—0.170	0.078	4	0.058—0.101			
关火5—15	厨房	0.207	4	0.170—0.280	0.145	3	0.122—0.168	0.350	7	0.130—0.700
关火15—30	厨房	0.123	3	0.120—0.128	0.118	3	0.105—0.134	0.333	5	0.118—0.590
关火30—45	厨房	0.137	2	0.103—0.170	0.104	3	0.101—0.106	0.218	9	0.077—0.460
关火30—45	居室	0.120	1	0.120	0.080	2	0.064—0.096			
停火1 h	厨房	0.074	2	0.068—0.080	0.067	2	0.054—0.080	0.145	8	0.056—0.250
总采样次数			36			34			58	

1) 测定方法：用GXH-3010C型便携式红外线分析器，测试者一人在厨房密闭的条件下，测定3类燃料燃烧和停烧后不同时间的CO_2%。以居室为对照。测定原理：仪器根据比尔定律和气体对红外线的选择性吸收原理对CO_2进行测定。CO_2标准公共场所为0.1%或0.15%。

上升，均超过卫生标准(按公共场所0.1%)，但以天然气用户浓度最高；随关火时间之延长，浓度均不断下降。

2.2 燃气燃烧产物中有机成分分析

分析结果见表5—8。

2.3 北京地区天然气田氡含量的测定

表5 燃气燃烧产物颗粒物上有机物含量

燃气种类	天然气	液化气	煤气
有机物含量(%)	0.21	0.34	088

表6 天然气燃烧产物色质联机鉴定结果

序号	分子式	分子量	化合物名称
1	$C_{13}H_{18}$	184	3，3-二甲基-十一烷
2	$C_{13}H_{28}$	184	2，6，8-三甲基-癸烷
3	$C_{17}H_{36}$	240	十七烷
4	$C_{19}H_{40}$	268	2，4，10，14-四甲基-十五烷
5	$C_{18}H_{38}$	254	十八烷
6	$C_{21}H_{44}$	296	2，6，10，14-四甲基-十七烷
7	$C_{19}H_{40}$	268	十九烷
8	$C_{19}H_{32}$	260	(1-甲基十二烷基)-苯

表7 液化气燃烧产物色质联机鉴定结果

序号	分子式	分子量	化合物名称
1	$C_{13}H_{28}$	184	3，7，7-三甲基-癸烷
2	$C_{13}H_{28}$	184	2，6，8-三甲基-癸烷
3	$C_{17}H_{36}$	240	十七烷
4	$C_{19}H_{40}$	268	2，4，10，14-四甲基-十五烷
5	$C_{14}H_{10}$	178	菲
6	$C_{18}H_{38}$	254	十八烷
7	$C_{21}H_{44}$	296	2，6，10，14-四甲基-十七烷
8	$C_{19}H_{40}$	268	十九烷
9	$C_{19}H_{32}$	260	(1-甲基十二烷基)-苯
10	$C_{20}H_{42}$	282	二十烷
11	$C_{16}H_{10}$	202	芘
12	$C_{21}H_{44}$	296	二十一烷
13	$C_{22}H_{46}$	310	二十二烷
14	$C_{23}H_{48}$	324	二十三烷
15	$C_{24}H_{50}$	338	二十四烷
16	$C_{25}H_{52}$	352	二十五烷
17	$C_{26}H_{54}$	336	二十六烷
18	$C_{27}H_{56}$	380	二十七烷
19	$C_{28}H_{58}$	394	二十八烷
20	$C_{29}H_{60}$	403	二十九烷

表8 煤气燃烧产物色质联机鉴定结果

序号	分子式	分子量	化合物名称
1	$C_{13}H_{28}$	184	2，6，8-三甲基-癸烷
2	$C_{12}H_{8}$	152	苊
3	$C_{13}H_{28}$	184	3，3-二甲基-十一烷
4	$C_{16}H_{34}$	226	5-丙基-十三烷
5	$C_{17}H_{36}$	240	十七烷
6	$C_{14}H_{10}$	178	菲
7	$C_{18}H_{38}$	254	十八烷
8	$C_{19}H_{40}$	268	十九烷
9	$C_{19}H_{32}$	260	(1-甲基十二烷基)-苯
10	$C_{20}H_{42}$	282	二十烷
11	$C_{16}H_{10}$	202	芘
12	$C_{21}H_{44}$	296	二十一烷
13	$C_{22}H_{46}$	310	二十二烷
14	$C_{23}H_{48}$	324	二十三烷
15	$C_{24}H_{50}$	338	二十四烷
16	$C_{25}H_{52}$	352	二十五烷
17	$C_{26}H_{54}$	336	二十六烷
18	$C_{27}H_{56}$	380	二十七烷
19	$C_{28}H_{58}$	394	二十八烷
20	$C_{29}H_{60}$	408	二十九烷
21	$C_{16}H_{10}$	202	荧蒽
22	$C_{18}H_{35}ON$	281	9-十八碳烯酰胺
23	$C_{30}H_{62}$	422	三十烷

测定结果见表9—10。

从表9—10可见，1 d之内3次用气高峰段内，中午和晚上的Rn浓度基本相同，分别为106和104 Bq/m³，早晨天然气中平均Rn浓度为92 Bq/m³，低于中午和晚上的浓度，这可能是由于早晨用的气已在管道中经过一夜的存放，部分Rn已衰变所致。3月份顺序的9 d测量中，天然气日平均浓度的变化范围是84－111 Bq/m³，小于日内Rn浓度的相对变化。一年内Rn浓度的范围值是70－157 Bq/m³，年平均值为112 Bq/m³，无明显的季节性变化。

总的看来，1993年度所测任丘油田天然气到用户末端Rn浓度为112 Bq/m³，高于1986年文献报道的华北油田天然气中Rn浓度73 Bq/m³，低于北京地区使用的焦炉煤气，高于液化石油气[4]。但却远低于四川省15个油气田浓度的算术平均值[5]。

2.4 受试对象的1-羟基芘测定

表9 北京天然气中Rn浓度的日变化(Bq/m^3)[1)]

采样时间	03-04	03-05	03-07	03-10	03-11	03-17	03-18	03-24	03-25	平均值	标准差
早		104	82	79	122	67	112	101	68	92	21
中	126		100	88	101	118	107	114	93	106	13
晚	82		71	116	95	117	112	118	120	104	19
日平均值	104		84	94	106	100	111	111	94	101	
标准差	22		15	20	14	29	3	9	26	9	

1) 1992年

表10 北京天然气中Rn浓度的月变化(Bq/m^3)

采样时间(月)	3	4	5	7	8	9	10	11	12	1[1)]	2[1)]	年平均
$\bar{X}$	101	157	120	103	137	106	128	92	121	97	70	112
S	8	1	2	74	4	13	7	13	23	18	13	24

1) 1993年

测定结果见表11。

表11 室内空气中B(a)P及居民尿中1-羟基芘测定结果(1992-03)

燃气类型	室内BaP (ng/m^3) $\bar{X}\pm$S.D.	尿中1-羟基芘 ($\mu mol/mol$肌酐) $\bar{X}\pm$S.D.	样本数 (n)
液化石油气	3.39±0.93	0.277±0.237	4
煤气	2.02±0.43	0.247±0.157	4
天然气	1.28±0.52	0.147±0.173	5

从表11结果可见，受试者尿中1-羟基芘的浓度与其厨房内空气中B(a)P的浓度有一定的正相关。不论空气中B(a)P浓度还是受试者尿中1-羟基芘浓度均以燃液化石油气为最高，燃煤气次之，而燃天然气最低。

3 讨论

3.1 3种燃气燃烧效果的比较

3种燃气之间相比，天然气燃烧的效果最好，液化气居中，焦炉煤气较差。这和3种燃气本身的组成(天然气：89%CH_4；液化石油气：50%C_3H_8，50%C_4H_{10}；焦炉煤气：27%CH_4)有关。燃烧产物的成分和燃烧物本身的成分及燃烧条件直接相关。3种燃气燃烧产物中颗粒物上有机物均有3个正构烷烃，3个支链烷烃和1个苯的烷基取代物，说明3种燃气原始组成虽有些差别，经燃烧反应后形成的产物部分相同。

3.2 3种燃气燃烧产物有机成分的比较

液化石油气和煤气很复杂，这2种气体颗粒物除正构烷烃含的种类多外，均有多环芳烃化合物。煤气的颗粒物的成分比液化石油气的颗粒物，仅正构烷烃多1个化合物，还多2个多环芳烃(苊和荧蒽)，并鉴定出9—18碳烯酰胺。

室内空气监测，3种燃气颗粒物上均检测出B(a)P(表2)，而对3种燃气燃烧产物的色/质联机鉴定结果则未鉴定出B(a)P，在天然气中也未鉴定出芘(表6，7，8)。前者是用高压液相色谱仪，其灵敏度为-10^{12} g，而后者所用的色/质联机，灵敏度为-10^{-9} g，二者相差较大。但以低烃为主的天然气在其特定燃烧过程中仍可聚合成多环芳烃化合物也值得注意。

3.3 北京地区居民Rn内照射剂量估算

Rn及其短寿命子体被人吸入就会产生内照射剂量，按着ICKP 30号报告的剂量估算模式：假定Rn的短寿命子体未结合态份额$f_p=0.025$，空气动力直径0.2 μm。如果作一种夸大的假设$F=1$(即Rn与子体的平衡比为1)，且一年全部时间均停留在室内，Rn与子体所致居民年有效剂量当量分别为0.035和1.84 $\mu Sv\cdot a^{-1}$，总计为1.88 $\mu Sv\cdot a^{-1}$，这个量仅是北京市居民室内外Rn所致居民年有效当量的1.8‰，是全部天然辐射源所致北京市居民年有效剂量当量2.43 $\mu Sv\cdot a^{-1}$的0.8‰。

4 结论

(1) 3种气体燃料对室内污染的规律与模式上仍然是冬>夏，厨房>室(下转第63页)

国家食品卫生标准规定。蔬菜含Cd(以鲜重计)不超过0.05 mg/kg。当采收期油菜达到此标准时，苗期含Cd临界值(以鲜重计)为0.16 mg/kg。

表4 油菜苗期和采收期Cd含量(mg/kg，以鲜重计)

土壤Cd投加量 (mg/kg)	苗 期	采收期
0	0.04	0.03
0.5	0.16	0.05
1	0.29	0.10
3	0.85	0.31
6	1.45	0.51
10	2.44	0.81
20	4.54	1.83
50	13.28	10.03

3 分析与讨论

(1) 3种作物生长正常，没有受到Cd的严重毒害的情况下，苗期Cd含量均高于生长后期，且同后者高度相关。苗期Cd含量比生长后期高，说明苗期吸收能力强，而后期表现出作物生长过程中的稀释效应，这与土壤矿质养分的变化规律是一致的。关于苗期重金属含量同成熟期含量及各器官含量之间的相关性已有报道[3,8]。Cd是一个极易在作物体内迁移的重金属元素[9,10]，有利于它在作物生长过程中的转移、分配和平衡，因而苗期Cd含量同生长后期的各器官含量之间呈高度相关也是必然的。

(2) 以植物幼苗吸收量反映土壤Cd的有效性，比化学模拟法，即用化学试剂从土壤中浸提，更为直接和准确。它一方面可以预测成熟作物的污染状况，另一方面可较快地通过作物效应诊断、评价土壤Cd污染。

(3) 本方法和由此确定的苗期含Cd临界值，只是一个初步的可行性研究。方法的科学性和可靠性还需要更多的试验和研究加以验证。另外，其它一些问题，如指示植物的选择，诊断标征期的选择确定等均需做大量的工作，才能制定用幼苗残毒量标征土壤Cd污染的具体方法和评价标准。

参考文献

1 王宏康。环境化学。1991，**10**(5)：36
2 青长乐，牟树森，蒲永富。农业环境保护。1992，**11**(2)：51
3 Macnicol R D et al.. Plant and Soil. 1985，85：107
4 Lehn L et al.. Plant and Soil. 1987，101：9
5 環境庁水質保全局。環ε測定技術。1991，**18**(12)：2
6 中国环境监测总站。中国土壤元素背景值。北京：中国环境科学出版社，1990：39
7 王宏康，信奇仑。环境科学。1990，**11**(3)：9
8 杨卓亚，王宏康。环境科学。1993，**14**(6)：8
9 彭鸣，王焕校，吴玉树。环境科学学报。1989，**9**(1)：61
10 张素芹，杨居荣。农业环境保护。1992，**11**(4)：171

(上接第48页)内。常规污染物的浓度：颗粒物、NO_2、CO、SO_2均无严重超标，3者相比，天然气均比另2者低，只NO_2和CO_2天然气稍高，但并不突出。

(2) 气体燃料燃烧产物中有机物含量较低，均不超过1%，其中以天然气最低。

(3) 北京现有以任丘为主的天然气伴生气中所含氡及其子体浓度不高，至末端用户室内，对用户居民所致年有效剂量的贡献不足1‰，但如引进陕西大气田天然气入京，则需监测气中浓度并关注此问题。

(4) 为反映B(a)P的生物效应，从少量对比测定的尿1-羟基芘的结果看，此项指标较为敏感。

(5) 限于3种燃气燃烧产物样品采集之难度及生物活性常规检测需样较多，较微量的Ames检测条件尚未建立，未实测生物活性，但根据有机物等检测结果及文献报道估计天然气燃烧产物生物活性不高，低于另2者。

致谢 参加此项工作的同志还有孟全新、刘江、胡国华、马光勋、全文熠、田德海、秦耘、李茂忠，在此表示感谢。

参考文献

1 曹守仁等. 大气污染物监测方法. 北京：化学工业出版社，第一版，1984：114—117，198—229
2 陈宝生等. 质谱学报. 1988，**9**(增刊)：54
3 赵振华等. 多环芳烃的环境健康化学. 北京：中国科学技术出版社. 1993：98—121
4 林莲卿等. 中华放射医学与防护. 1990，**10**(1)：10—14
5 林莲卿等. 中华放射医学与防护. 1990，**10**(2)，73—7

Hygienic Evaluation of Indoor Air Pollution Caused by Domestic Natural Gas. Wang Juning et al. (Institute of Environmental Health and Engineering, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing 100050): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 44—48

Natural gas (NG) combustions was compared with coal gas and liquid petrol gas (LPG) in the causation of indoor air pollution. The routine pollutants including B(a)P have been monitored and the 1-hydoxy pyrene in urine of the representative subjects measured. Radon concentration and its change in the NG used, starting from the source plant through transfer station to the end users, has been investigated and measured during the four seasons of the year. To analyse organic components in 3 gases, a big volume sample collector has been designed. The semi-volatile organic components contained in the combustion products of the 3 gases have been identified by GC/MC. The results show that the levels of particles and CO in the heating season were much higher than the standards, but they were the lowest in NG; NO_2 and CO_2 were a little higher in NG; B(a)P in particles and the 1-hydoxy pyrene were the lowest in NG. The organic compositions of coal gas and LPG were more complicated than that of NG. Radon in the NG from Beijing contributed less than 1‰ of effective dose to indoor air quality of the population. Compared with the traditional fuels, the gas fuel are the cleanest ones, and the NG is cleaner than other two.

Key words: natural gas, indoor air pollution, organic components, radon, 1-hydoxy pyrene.

Rapid Determination of Trace Arsenic in Water and Wastewater by Using an Arseno-antimono-molybdenum Blue Spectrophotometric Method. Qiu Xingchu et al. (Ganzhou Prefectural Institute of Environ. Sci. Research, Ganzhou, Jiangxi 341000): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 49—51

It was found that the colour producing products have a Soret band at 865 nm, an apparent molar absorptivity of 2.1×10^4, an over 24 hour stability at room temperature, a linearity range of 0—80 μg As in a volume of 10 ml and a correlation coefficient of 0.9990. The use of the Qiu's Arsenic Analyzer allows arsenic in water to be reduced as AsH_3 giving off from water. None of Al, Mn, Zn, Cd, Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Sb, Bi and S^{2-} in a reasonable amount can interfere with the determination. This method has been applied to determining arsenic at a microgramme level in surface water and wastewater with satisfactory results.

Key words: arsenic, Qiu's Arsenic Analyzer, arseno-antimono-molybdenum blue, spectrophotometry, surface water, wastewater.

Enzyme Ticket and Chromophoric Substrate Ticket for the Convenient and Rapid Detection of Organophosphorus Pesticides. Huang Yan et al. (Guangzhou Medical College, Guangzhou 510182): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 52—54

The cholinesterase inhibition test made it possible to detect organophosphorus pesticides (OPs) compounds in water at 25—35℃ in 15—20 min, and the sensitivity of the method was in the range of 0.01—10 mg/L. Most thiophosphorus pesticides, such as methamidophos and optunal, can also be detected in those levels after they are oxidized with bromine water. This enzyme inhibition assay has been applied to the detection of pesticide in natural waters, and it was found that the positive results were quite obvious as soon as the concentration of OPs were not lower than the detection limits. The method is particularly suitable for field dtection because there is no need for expensive instruments and preparation of reagents.

Key words: organophosphorus pesticides, detection, enzyme ticket, substrate ticket.

β-Correction Spectrophotometric Determination of Silver in Wastewater with Malachite Green. Gao Hongwen (Huaibei Environ. Monitoring Station, Anhui 235000): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 55—57

Silver has been found to react with both malachite green (MG) and potassium iodide to form a green chelate at pH 5. β-correction spectrophotometry was studied for the determination of trace amounts of silver. This method can eliminate completely the excess MG in its Ag(I) colored solution to give out the real absorbance of produced Ag-MG-I^- chelate. The reaction of Ag-MG-I^- is selective in the presence of EDTA to mask other metal ions. The β-correction method has higher sensitivity, precision and accuracy than a conventional single wavelength spectrophotometry. Beer's law was obeyed over the concentration range of 0—2.0 mg/L of silver and the detection limit for Ag is 0.05 mg/L which is suitable for the analysis of wastewater. The recovery was found to be between 97.3%—107%,