

青藏高原纳木错和安多牧区室内空气污染研究

陈鹏飞¹, 李潮流^{1*}, 康世昌^{1,2}, 张强弓¹, 郭军明¹, 米决³, 巴桑普赤³, 洛桑曲珍³

(1. 中国科学院青藏高原研究所青藏高原地表过程与环境变化重点实验室, 北京 100085; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈国家重点实验室, 兰州 730000; 3. 西藏大学理学院, 拉萨 850000)

摘要:2009 年夏季在青藏高原纳木错和安多牧区对牧民帐篷内细颗粒($PM_{2.5}$)浓度和一氧化碳(CO)的含量进行了观测,以认识牧区室内空气中 $PM_{2.5}$ 和 CO 的污染水平、日变化特征及主要影响因素,以及不同人群在污染物中的暴露水平. 观测结果表明,未安装烟囱的帐篷内 $PM_{2.5}$ 浓度和 CO 平均含量(体积分数)分别为 $1.272\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 5.035×10^{-6} ,而安装烟囱的帐篷内二者的平均含量明显降低,仅为 $0.097\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 0.089×10^{-6} ; 帐篷内 $PM_{2.5}$ 和 CO 的日变化具有一致性,呈现出多峰值现象,这些峰值与牧民在帐篷内的活动(特别是使用牛粪炉子做饭、取暖等)有很好的对应关系,这与我国中东部农村地区室内污染物的日变化不同. 妇女和儿童在帐篷内的时间最长,平均每天比其他成员多 3~4 h,儿童在 $PM_{2.5}$ 和 CO 中的暴露水平最高,分别为 $0.972\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 0.132×10^{-6} . 尽管青藏高原的室外大气非常洁净,但该地区的牧民帐篷内存在严重的空气污染,这主要是由生物质燃料(主要是牛粪)燃烧造成.

关键词:室内空气污染; $PM_{2.5}$; 一氧化碳; 青藏高原

中图分类号:X51 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3301(2011)05-1231-06

Indoor Air Pollution in the Nam Co and Ando Regions in the Tibetan Plateau

CHEN Peng-fei¹, LI Chao-liu¹, KANG Shi-chang^{1,2}, ZHANG Qiang-gong¹, GUO Jun-ming¹, MI Jue³, BASANG Pu-chi³, LUOSANG Qu-zhen³

(1. Key Laboratory of Tibetan Environment Changes and Land Surface Process, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. State Key Laboratory of Cryospheric Science, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 3. Faculty of Science, Tibet University, Lhasa 850000, China)

Abstract: Concentrations and variations of fine particulate matter ($PM_{2.5}$) and carbon monoxide (CO) within tents from the Nam Co and Ando regions were observed at summer 2009, in order to understand the concentrations and variations of $PM_{2.5}$ and CO in these tents (or in rooms) and their main affect factors, as well as the exposure of different residents. The result indicates that the twenty-four hour average concentrations of $PM_{2.5}$ and CO (V/V) in the tents without chimney are $1.272\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ and 5.035×10^{-6} , which are significantly higher than those of tents installed chimneys ($0.097\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ and 0.089×10^{-6}). Diurnal variations of $PM_{2.5}$ and CO are similar and show multiple peaks, which is different with those in the eastern rural areas of China and closely connected with the behaviors of the residents within the tents. Generally, women and children spend three or four hours longer in tents than other family members every day. Children have the highest exposure of $0.972\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ and 0.132×10^{-6} for $PM_{2.5}$ and CO, respectively. Therefore, although the outdoor air in the Tibetan Plateau is very clean, the air of the Tibetan tents are seriously polluted and mainly caused by yak dung combustion.

Key words: indoor air pollution; $PM_{2.5}$; CO; Tibetan Plateau

$PM_{2.5}$ 和 CO 是生物质燃料燃烧释放出的主要污染物,引起研究者和社会的广泛重视,是近年来大气污染研究的重要对象之一^[1~7]. 国内外关于 $PM_{2.5}$ 和 CO 的研究很多,主要集中在以下 4 个方面: $PM_{2.5}$ 和 CO 的含量、来源、分布特征、影响因素和对居民健康的影响^[8~12]. 国内已有研究报到了北京、江苏、上海等经济发达城市 $PM_{2.5}$ 中有毒微量元素和多环芳烃的污染特征^[13~20]. 然而,对具有独特地理位置的青藏高原牧区室内 $PM_{2.5}$ 和 CO 污染的研究鲜见报道^[21].

本研究主要目标是阐明青藏高原纳木错和安多地区牧民帐篷中 $PM_{2.5}$ 和 CO 的含量及其日变化特征,探讨牧民的日常活动与污染物日变化之间的关系,分析受测者和其他成员在污染物中的不同暴露水平,并探讨控制牧区帐篷内空气污染的有效途径.

收稿日期:2010-06-07; 修订日期:2010-08-27

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB422004); 国家自然科学基金项目(40901270, 40830743, 40771187); 冰冻圈科学国家重点实验室项目(SKLCS-ZZ-2008-01)

作者简介:陈鹏飞(1986~),男,硕士研究生,主要研究方向为青藏高原牧区室内空气污染, E-mail: chenpengfei@itpcas.ac.cn

* 通讯联系人, E-mail: lichao-liu@itpcas.ac.cn

1 材料与方法

1.1 研究区概况

2009 年 8~9 月在位于西藏自治区的纳木错乡和安多县(图 1)的牧民帐篷(固定住房)内进行了现场监测.两地都属于传统牧区,当地居民仍然沿袭着古老的生活传统,以放牧牛羊为生,居住在由牦牛毛制作的帐篷中,以牛粪等生物质燃料作为日常生活和取暖的主要能源,家庭中妇女主要负责在家里做家务并照看孩子,男人则负责放牧牛羊等.

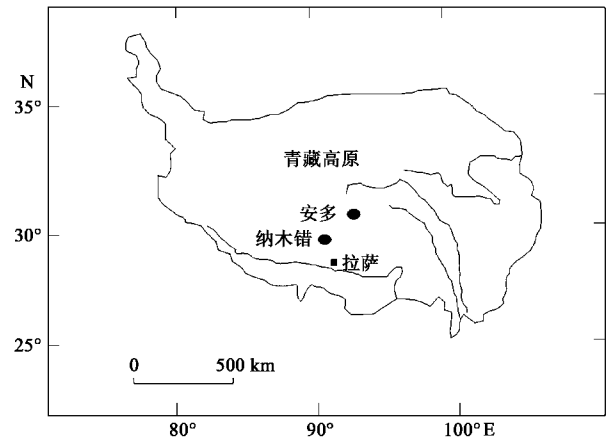


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location map of observation sites

牧区帐篷内布局简单,一个开放式炉子(直径 40 cm,高 50 cm)置于帐篷中央,上方三根支架以安放锅具.没有烟囱的情况下,燃烧过程产生的浓烟就直接排放到帐篷中,然后通过帐篷上方的通风口排出.纳木错地区以传统黑色帐篷为主(3.5 m×3.5 m×2 m),其中有、无烟囱的帐篷比例约为 1:2;安多县部分牧民有固定住房,但多为厨卧共用.

1.2 观测方法

在纳木错地区选择了 3 个典型帐篷,安多地区选择了一个帐篷和 2 个固定住房,分别利用气溶胶监测仪(AM510 SidePak)和一氧化碳监测仪(TSI-7565)对 PM_{2.5}和 CO 进行测定.2 台仪器的检测范围分别为 0.001~20 mg·m⁻³和 0~500×10⁻⁶(体积分数,下同),分辨率分别为 0.001 mg·m⁻³和 0.1×10⁻⁶(体积分数,下同).为了真实地反映牧民 PM_{2.5}的暴露水平,在每个帐篷中选择一个从事家务的妇女作为受测者(表 1),把气溶胶监测仪安放在她们身上,并把仪器的进气口放在与鼻孔同样的高度;一氧化碳监测仪则放在距离炉子 1 m,高 1.5 m 的位置,以反映帐篷内 CO 的平均水平.在测定过程中

对受试者的活动进行每 10 min 一次的详细记录,具体活动可细分为:休息、做饭、添牛粪、吃饭、到帐篷外等,以研究污染物的日变化与受测者活动的关系.同时还统计了该家庭中其它成员的活动情况,以对比不同家庭成员在污染物中的暴露水平.同时,在纳木错一个帐篷内进行了加密实验,将仪器固定在炉子上方 1 m 处,测定 PM_{2.5}和 CO 在炉子燃烧时的含量,以验证牛粪燃烧对 PM_{2.5}和 CO 含量的贡献.此外,在远离牧民活动区的开阔草地上进行了 PM_{2.5}和 CO 的测定,以便同室内的测定结果进行比较.

表 1 监测帐篷(住房)、受测人员及家庭成员的基本情况

Table 1 Basic information of monitored tents (rooms), participants and their family members

地点	帐篷编号 ¹⁾	年龄	性别	家中人数	监测时间(月-日)
安多	A-1	34	女	4	08-09~08-10
	A-2(固定房)	61	女	5	08-13~08-15
	A-3(固定房)	24	女	6	08-16~08-18
纳木错	N-1	65	女	5	08-28~08-31
	N-2	34	女	6	09-03~09-05
	N-3	21	女	6	09-05~09-08

1) A 表示安多; N 表示纳木错

2 结果与讨论

2.1 室内 PM_{2.5}和 CO 的含量水平

纳木错未安装烟囱的 2 个帐篷内 PM_{2.5}的 24 h 平均值分别为 1.919 mg·m⁻³(N-1)和 0.625 mg·m⁻³(N-3),平均值为 1.272 mg·m⁻³(表 2);安装烟囱的帐篷内 PM_{2.5}的含量很低,仅为 0.097 mg·m⁻³(N-2),但两者均高于世界卫生组织和美国环保局 24 h 暴露 0.025 mg·m⁻³和 0.035 mg·m⁻³的标准^[1,22].尤其是未安装烟囱的帐篷内,PM_{2.5}的含量分别是上述标准的 50 倍和 36 倍.在纳木错进行的加密实验中,测得 PM_{2.5}的平均含量高达 6.699 mg·m⁻³,表明炉子燃烧活动是造成室内空气污染的直接原因^[23].在甘肃^[24]、青海^[25]和内蒙古^[26]等地进行的研究也表明牛粪燃烧能造成严重的室内空气污染.

同样地,帐篷内 CO 的含量也比较高.尽管安装烟囱的几个帐篷或住房内 CO 的含量在 0.028×10⁻⁶~0.139×10⁻⁶之间,平均值仅为 0.084×10⁻⁶,但未安装烟囱的帐篷内 CO 的平均值为 6.237×10⁻⁶(N-1)和 3.828×10⁻⁶(N-3),大于或接近我国 24 h 暴露量为 4.0×10⁻⁶的标准.在加密实验中,CO 在 2 h 内的平均含量高达 65.720×10⁻⁶,约为我国 24 h 暴露标准的 16 倍.相应地,夜间炉子熄灭后,帐

表 2 帐篷中 PM_{2.5} 和 CO 平均含量¹⁾

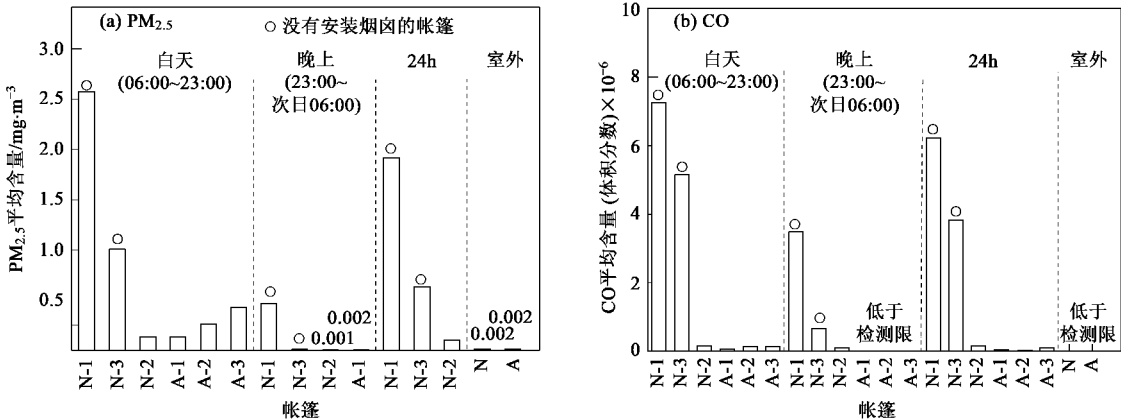
样品	PM _{2.5} /mg·m ⁻³	CO × 10 ⁻⁶ (体积分数)	烟囱
N-1	1.919	6.237	无
N-2	0.097	0.139	有
N-3	0.625	3.828	无
A-1	0.133(白天)	0.046	有
A-2	0.265(白天)	0.028	有
A-3	0.431(白天)	0.106	有
加密实验	6.699	65.720	无
N-室外	0.002	L. D.	—
A-室外	0.002	L. D.	—

1) L. D. 表示低于检测限

篷内 PM_{2.5} 和 CO 的平均含量则非常低,与室外测得的 PM_{2.5} 和 CO 值接近.

2.2 不同帐篷不同时间 PM_{2.5} 和 CO 之间的对比

图 2 所示为 PM_{2.5} 和 CO 在白天、夜间和 24 h 的平均值. 由图 2 可见: ①总体上 2 种指标白天的平均值高于夜间,多数帐篷夜间的值和室外大气的含量基本一致. 其中 N-1 夜间 PM_{2.5} 和 CO 的含量较其它帐篷相同时期高出很多,根据观测记录,该帐篷夜间气温都在 0℃ 以下,为了取暖炉子在夜间没有完全熄灭,由此导致了其夜间的高值; ②安装了烟囱的帐篷内不仅白天的 PM_{2.5} 和 CO 值比没有安装烟囱的值低很多,夜间也是如此,尤其是 CO,说明安装烟囱能有效地降低室内空气污染; ③2 个地区的室外监测都表明,青藏高原的室外大气非常洁净.



含量太低而不能在图上显示的直接用数字表示

图 2 监测帐篷内 PM_{2.5} 和 CO 的平均含量

Fig. 2 Average concentrations of PM_{2.5} and CO

2.3 PM_{2.5} 和 CO 的日变化

图 3 所示为有、无烟囱帐篷内 PM_{2.5} 和 CO 的日变化. 总体上 2 种指标变化较为一致,从 06:00 ~ 23:00 前后两者都有较高的值,说明它们的含量受控于帐篷内炉子燃烧的状态,这与记录的受测人 1 d 内的活动基本一致. 在 06:00 左右,2 种指标的值开始急骤升高,由接近检测下限达到 1 d 中的最高值,其中 PM_{2.5} 的变化更为明显,这是由于 PM_{2.5} 测量仪安装在受测妇女身上,在她点燃炉子时会暴露在牛粪刚开始燃烧时产生的浓烟中;相应地,CO 的最高值则略微滞后,这是因为测量仪器 TSI-7565 距离炉子有一定的距离,CO 由原来的极低含量达到最高值需要一段扩散时间. 此后,炉子一直处于燃烧状态,PM_{2.5} 和 CO 均呈现多峰值现象,一直持续到夜间炉

子熄灭. 由于帐篷较好的透气性以及洁净的室外大气,在炉子停止燃烧后帐篷内 2 种指标的含量便很快降低至与室外大气基本一致的水平.

根据受测者的活动记录,一些极端的高值与受测者相应的活动有较好的对应关系[图 3(a) 和 3(b)],如早起生火时 PM_{2.5} 的含量表现为 1d 中的最高值;同样地,10:00 的煮肉和做晚饭时的 PM_{2.5} 也显示为高值;根据记录,1d 中每次添加牛粪或除炉灰,PM_{2.5} 的值都有短时间的升高. 相对地,图 3(c) 和 3(d) 为安装烟囱帐篷中 PM_{2.5} 和 CO 1d 内的变化图,可以看到 2 种指标的含量明显很低,且日变化是不连续的,对比记录表明这些高值主要是由给炉子添加牛粪引起. 在我国其它农村地区,通常厨房内的空气污染物含量与每天 3 次做饭活动紧密相关,因

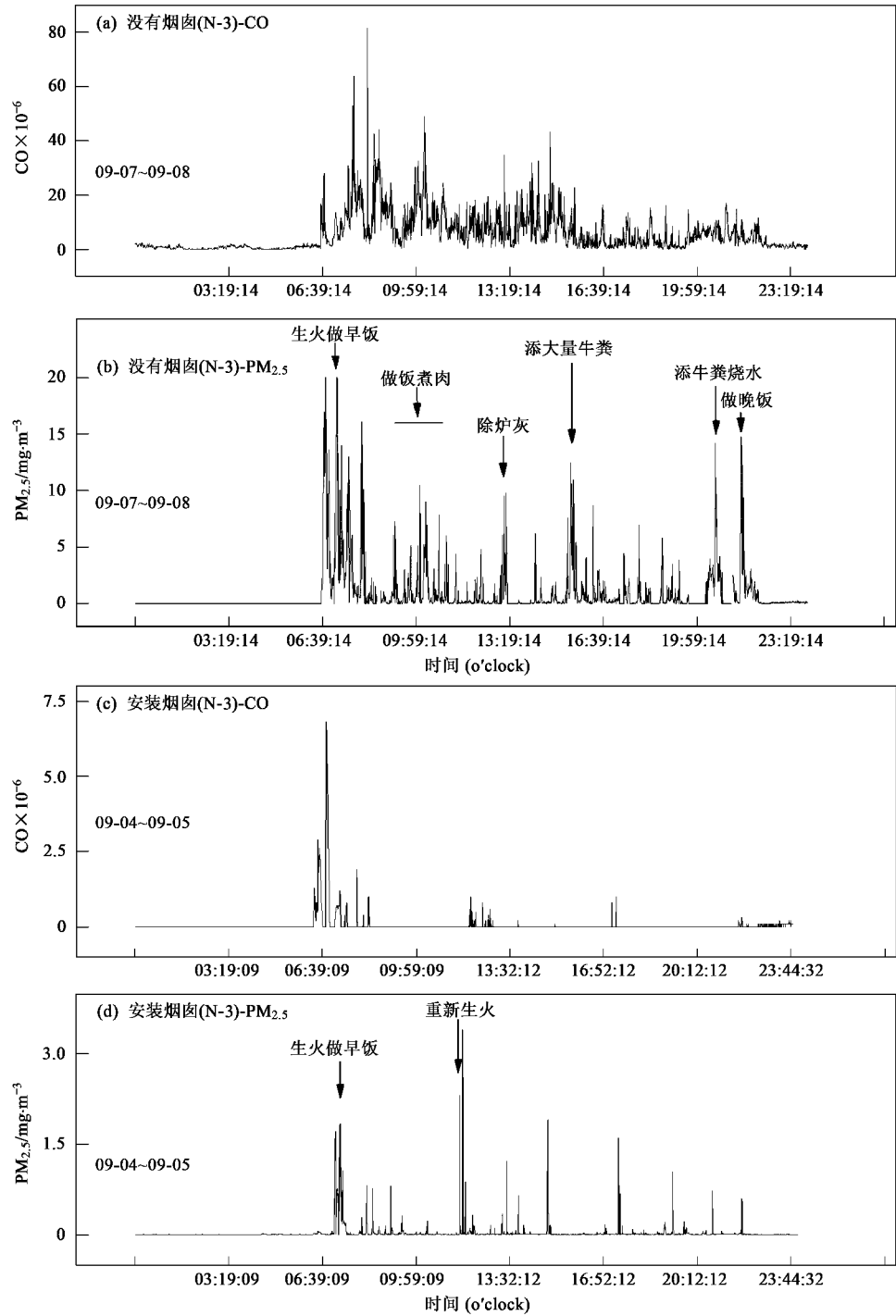


图 3 帐篷中 CO 和 PM_{2.5} 的日变化特征

Fig. 3 Diurnal variations of PM_{2.5} and CO in the tent

而表现为 3 个明显的峰值,其余时间炉子则一般处于封闭或熄灭状态,污染物含量相对很低^[27],但在青藏高原,由于较低的气温和牛粪较低的燃烧值,炉火即使在夏季也一直保持燃烧状态,因此帐篷中 PM_{2.5} 和 CO 的含量一直维持在较高的水平,且表现为多峰值的变化特征.

2.4 不同人群暴露水平

由于藏族牧民独特的地理环境和生活习惯,炉子在 06:00 左右点燃后会处于燃烧状态一直到夜间 23:00,持续大约 17 h. 为了准确评价不同人群室内空气污染的实际暴露水平,对调查对象的日常活动进行了分析. 根据调查对象的不同活动特点分为家

庭妇女、成年男子、少年和儿童. 不同人群在帐篷内的暴露时间见表 3.

利用所得数据,对调查对象 24 h 的污染物平均暴露浓度进行加权平均估计^[28],尝试对不同个体的空气污染物日平均暴露进行较为客观的评价. 研究对象的活动地点可分为 2 个: 帐篷内和帐篷外. 需要指出的是,夜间炉子熄灭后,帐篷内 PM_{2.5} 和 CO 的含量与室外大气基本一致,因此尽管这段时间调查对象都在帐篷内,应作为一个特殊的时间段进行

计算. 计算公式为:
个体 PM_{2.5} 日均暴露水平
= (t_n × PM_{2.5n} + t_w × PM_{2.5w} + t_s × PM_{2.5s})/24
式中,n、w、s 分别代表帐篷内、帐篷外和夜间,t_n、t_w、t_s 分别表示调查成员在帐篷内、帐篷外和夜晚炉子熄灭后睡觉的时间,PM_{2.5n}、PM_{2.5w}、PM_{2.5s} 分别代表帐篷内、帐篷外和炉子熄灭后帐篷内的 PM_{2.5} 浓度. CO 的日平均暴露水平估计方法相同.

表 3 可见,妇女和儿童在污染物中的暴露水平

表 3 不同人群空气污染日均暴露水平
Table 3 Daily air pollution exposure levels of different people

个体	暴露时间/h	无烟窗帐篷		有烟囱帐篷	
		PM _{2.5} /mg·m ⁻³	CO × 10 ⁻⁶ (体积分数)	PM _{2.5} /mg·m ⁻³	CO × 10 ⁻⁶ (体积分数)
家庭妇女	18 ~ 19	0. 823 ~ 0. 898	2. 894 ~ 3. 153	0. 112 ~ 0. 122	0. 100 ~ 0. 105
成年男子	15 ~ 16	0. 599 ~ 0. 673	2. 117 ~ 2. 376	0. 082 ~ 0. 092	0. 085 ~ 0. 090
少年	16 ~ 17	0. 599 ~ 0. 753	2. 117 ~ 2. 635	0. 082 ~ 0. 102	0. 085 ~ 0. 095
儿童	18 ~ 20	0. 823 ~ 0. 972	2. 894 ~ 3. 412	0. 112 ~ 0. 132	0. 100 ~ 0. 110

明显高于其他个体,其中儿童在污染物中的暴露水平最高,可高达 0. 972 mg·m⁻³和 3. 412 × 10⁻⁶. 过高的暴露水平更容易导致疾病的发生. 事实上,一些青藏高原地区疾病的调查结果已经表明,该地区许多人患有与室内空气污染相关的疾病,其中藏族居民,特别是妇女和儿童的患病率最高^[29~31].

停留时间. 由于牧民的生活习惯不可能在短时间内改变,因此,要减轻污染暴露,应该从减少污染物排放和加强空气流通两方面着手,但考虑到目前青藏高原居民的生活水平等因素,目前可以采取的措施是使用优质的炉具,给炉子安装烟囱,从而有效减少帐篷内的空气污染.

3 结论

(1) 尽管青藏高原室外的大气非常洁净,牧民帐篷内却由于牛粪燃烧 PM_{2.5} 和 CO 含量非常高,尤其是未安装烟囱的帐篷内 PM_{2.5} 和 CO 的含量分别为 1. 272 mg·m⁻³和 5. 035 × 10⁻⁶,室内空气污染比较严重; 安装烟囱可以有效减轻污染.

(2) PM_{2.5} 和 CO 在 1 d 中呈现多峰值的变化,而且这些特殊高值与牧民的行为活动关系密切,主要由生火、煮饭、添加牛粪和除炉灰等活动造成.

(3) 妇女儿童 1 d 中平均约有 18 ~ 19 h 在帐篷内,平均比其他家庭成员多 3 ~ 4 h,未安装烟囱的帐篷内两者在 PM_{2.5} 和 CO 中的暴露水平分别高达 0. 823 mg·m⁻³和 0. 112 × 10⁻⁶,明显高于其他家庭成员.

致谢:中国科学院纳木错站的黄宗琥、次仁多杰、王小强等人员为观测实验提供了很大帮助,在此表示衷心感谢.

参考文献:

[1] US Environmental Protection Agency, Revisions to the national ambient air quality standards for particulate matter[J]. Federal Register, 1987, **52**(126): 24634-24669.
[2] 唐孝炎. 大气环境化学[M]. 北京: 高等教育出版社,1990. 43-45.
[3] Begum B A, Paul S K, Dildar Hossain M, *et al.* Indoor air pollution from particulate matter emissions in different households in rural areas of Bangladesh[J]. Building and Environment, 2009, **44**(5): 898-903.
[4] Clark M L, Bazemore H, Reynolds S J, *et al.* Indoor air pollution concentrations assessed during the baseline year of an improved cookstove intervention in a rural Nicaraguan community[J]. Epidemiology, 2009, **20**(6): S218.
[5] Siddiqui A R, Lee K, Bennett D, *et al.* Indoor carbon monoxide and PM_{2.5} concentrations by cooking fuels in Pakistan[J]. Indoor air, 2009, **19**(1): 75-82.
[6] Smith-Sivertsen T, Díaz E, Bruce N, *et al.* Reducing indoor air pollution with a randomised intervention design-A presentation of the Stove Intervention Study in the Guatemalan Highlands[J]. Norsk Epidemiologi, 2009, **14**(2): 137-143.
[7] 吴国平, 胡伟. 我国四城市空气中 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的污染水平[J]. 中国环境科学, 1999, **19**(2): 133-137.
[8] 王臻, 王辰. 可吸入颗粒物对呼吸系统危害的研究进展[J]. 国外医学: 呼吸系统分册, 2004, **24**(4): 231-232.
[9] Zhang J J, Smith K R. Household air pollution from coal and biomass fuels in China: measurements, health impacts, and interventions[J]. Environmental Health Perspectives, 2007, **115**

(6): 848-855.

[10] 顾庆平, 高翔, 陈洋, 等. 江苏农村地区室内 PM_{2.5} 浓度特征分析[J]. 复旦学报(自然科学版), 2009, **48**(5): 593-597.

[11] 黄虹, 曾宝强, 曹军骥, 等. 广州大学城大气 PM_{2.5} 质量浓度与影响因素[J]. 环境科学与技术, 2009, **32**(5): 103-106.

[12] 王媛, 黄薇, 汪彤, 等. 患心血管病老年人夏季 PM_{2.5} 和 CO 的暴露特征及评价[J]. 中国环境科学, 2009, **29**(9): 1005-1008.

[13] He K B, Yang F M, Ma Y L, *et al.* The characteristics of PM_{2.5} in Beijing, China [J]. Atmospheric Environment, 2001, **35**(29): 4959-4970.

[14] 杨复沫, 贺克斌, 马永亮, 等. 北京大气 PM_{2.5} 中微量元素的浓度变化特征与来源[J]. 环境科学, 2003, **24**(6): 33-37.

[15] 杨复沫, 贺克斌, 马永亮, 等. 北京市大气 PM_{2.5} 中矿物成分的污染特征[J]. 环境科学, 2004, **25**(5): 26-30.

[16] 魏志成, 常彪, 邱炜珣, 等. 北京市民居室内气态 PAHs 浓度及其影响因素[J]. 环境科学, 2007, **28**(9): 2074-2079.

[17] 陆晨刚, 高翔, 余琦, 等. 西藏民居室内空气多环芳烃及其对人体健康影响[J]. 复旦学报(自然科学版), 2006, **45**(6): 714-718, 725.

[18] 彭希琰, 何宗健, 刘小真, 等. 南昌市大气 PM_{2.5} 中多环芳烃的来源解析[J]. 环境污染与防治, 2009, **31**(10): 28-32.

[19] 吕森林, 陈小慧, 吴明红, 等. 上海市 PM_{2.5} 的物理化学特征及其生物活性研究[J]. 环境科学, 2007, **28**(3): 472-477.

[20] 徐东群, 尚兵, 曹兆进. 中国部分城市住宅室内空气中重要污染物的调查研究[J]. 卫生研究, 2007, **36**(4): 473-476.

[21] Gao X, Yu Q, Gu Q, *et al.* Indoor air pollution from solid biomass fuels combustion in rural agricultural area of Tibet, China[J]. Indoor Air, 2009, **19**(3): 198-205.

[22] World Health Organization-Regional Office for Europe, Air Quality Guidelines for Europe[M]. WHO regional publications. European series, Second Edition, 2000.

[23] Kang S C, Li C L, Wang F Y, *et al.* Total suspended particulate matter and toxic elements indoors during cooking with yak dung [J]. Atmospheric Environment, 2009, **43**(27): 4243-4246.

[24] 张淑萍, 戴发荣. 甘肃藏族地区燃烧牛粪对室内空气污染的调查[J]. 环境与健康杂志, 1989, **6**(6): 40-41.

[25] 石泉霖. 高原地区不同燃料对室内空气污染调查[J]. 环境与健康杂志, 1991, **8**(2): 80-81.

[26] 常渊泉. 室内燃牛羊粪对牧民健康的影响[J]. 环境与健康杂志, 1990, **7**(1): 8-9.

[27] Jiang R, Bell M L. A comparison of particulate matter from biomass-burning rural and non-biomass-burning urban households in northeastern China[J]. Environmental Health Perspectives, 2008, **116**(7): 907-914.

[28] 潘小川, 董兆举, 金晓滨, 等. 农村地区空气污染人群暴露评价研究[J]. 环境与健康杂志, 2001, **18**(6): 323-325.

[29] 周敏茹, 景强, 许志华, 等. 青藏高原班玛县部分居民高血压患病调查[J]. 中国慢性病预防与控制, 2004, **12**(6): 276-277.

[30] Lu P, Chen X M, Liu X Y, *et al.* Dry Eye Syndrome in Elderly Tibetans at High Altitude: A Population-based Study in China [J]. Cornea, 2008, **27**(5): 545-551.

[31] Lu P, Chen X M, Zhang W F, *et al.* Prevalence of ocular disease in Tibetan primary school children[J]. Canadian Journal of Ophthalmology, 2008, **43**(1): 95-99.