

上海轨道交通列车车厢内空气质量影响因素的探讨

倪骏¹, 张莉萍¹, 陈健¹, 刘哲², 徐毅², 唐颖¹

摘要: [目的] 了解上海轨道交通列车车厢内与人员活动密切相关的二氧化碳和可吸入颗粒物指标对其车厢环境的影响。[方法] 抽取大、小列车两种车型的轨道交通列车, 连续不间断对其列车车厢内进行可吸入颗粒物PM₁₀和二氧化碳浓度的检测, 并对1.0、2.0、5.0和10.0 μm可吸入颗粒物进行分类计数来分析其分布情况。[结果] 可吸入颗粒物PM₁₀在列车的行驶过程中平缓下降, 列车开闭门时所测得的数据与列车关门时正常运行中的数据有差异($P<0.05$)。小车型和大车型小于2.0 μm(PM_{2.0})的颗粒物分别占96%和97%, 是列车车厢可吸入颗粒物最主要的组成部分。二氧化碳的浓度随人流量的增加而急剧增加, 且变化幅度比较大; 随人流量的减少而缓慢降低, 且变化幅度比较小。[结论] 车厢内集中空调通风系统的过滤系统对车厢内空气质量起到一定的净化作用, 新风对于确保列车车厢内环境质量有十分重要的意义。

关键词: 地铁; 室内空气; 空气质量

Factors Affecting the Indoor Air Quality in the Carriages of Metro Trains in Shanghai NI Jun¹, ZHANG Li-ping¹, CHEN Jian¹, LIU Zhe², XU Yi², TANG Ying¹(1.Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2.Assessment Center for Safety and Health, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To understand the levels of carbon dioxide (CO₂) and particulate matter (PM) in the carriages of metro trains in Shanghai. [Methods] Levels of PM₁₀ and CO₂ were detected consecutively in two types of carriage with different passenger capacity. The PM less than 1.0, 2.0, 5.0 and 10.0 microns was measured respectively and their distribution was analyzed. [Results] PM₁₀ level declined smoothly as the metro in operation, and there was a significant difference between the data measured during door open-and-close and during regular operation ($P<0.05$). PM_{2.0} was the main component of inhalable particulates in metro train carriages, and accounted for 96% and 97% in small and large carriages respectively. CO₂ concentration was increased dramatically in relatively large amplitude with the passenger volume increased, and was decreased slowly in small amplitude with the passenger volume decreased. [Conclusion] The filter unit of central air conditioning system in metro lines has certain effect on air quality purification. Fresh air plays an important role in ensuring the indoor environment.

Key Words: metro; indoor air; air quality

随着经济发展, 目前上海市已有12条轨道交通投入运营。由于轨道交通列车车厢内部环境相对密闭, 温、湿度适宜, 加上人群密度大、流动性强, 车厢内新风换气不足, 极易造成危害健康的各种污染物的蓄积^[1]。目前对轨道交通列车车厢内污染物浓度连续不间断的检测分析的报道不多, 本研究拟针对与人群活动有密切关系的可吸入颗粒物PM₁₀和二氧化碳(CO₂)指标对轨道交通列车车厢进行连续不间断检测, 以便对列车车厢内的日常管理提出更好的建议以保持车厢内环境质量。

1 对象和方法

1.1 检测对象及指标

目前上海轨道交通主要使用大、小列车2种车型, 小车型

[作者简介] 倪骏(1979—), 女, 硕士, 工程师; 研究方向: 建设项目卫生学检测与评价; E-mail: jni@scde.sh.cn

[作者单位] 1. 上海市疾病预防控制中心, 上海 200336; 2. 上海疾控安全健康保健评价中心, 上海 200336

的车厢设计人数为218人/节, 大车型的车厢设计人数为310人/节, 两种列车车型的设计新风量为10 m³/(人·h)。本研究抽取上海市轨道交通运行期间的A号线(小车型)和B号线(大车型)的两列列车进行检测, 新风系统正常启动。两条轨道均包含地上车站和地下车站, 其中A号线A1站至A4站为地上车站, A5站至A28站为地下车站; B号线B1站至B5站为地上车站, B6站至B23站为地下车站。

1.2 检测方法

1.2.1 可吸入颗粒物PM₁₀的检测 检测列车始发站到终点站可吸入颗粒物PM₁₀(LD-3C激光粉尘仪), 可吸入颗粒物PM₁₀的检测仪器每分钟读1次数据。列车运行过程中于列车停站车门开启至关闭时检测1次, 两个车站间关门正常行驶过程中检测1次。从列车始发站到终点站的过程中, 每隔3站检测1次可吸入颗粒物1.0、2.0、5.0和10.0 μm的计数(Fluke983粒子计数器), 每次采集3个平行样。

1.2.2 CO₂浓度连续检测 从列车始发站到终点站进行连续不

间断检测二氧化碳 (PGM-54 CO₂ 检测报警器), 二氧化碳检测仪器每隔 2 秒读一次数据。

1.3 仪器和材料

PGM-54 CO₂ 检测报警器、LD-3C 激光粉尘仪、Fluke983 粒子计数器。

1.4 检验方法

依据《公共场所卫生标准检测方法》^[2]要求, 对列车车厢内可吸入颗粒物和 CO₂ 指标进行检测。

1.5 统计分析

采用 SPSS 11.5 统计软件包进行统计分析, 运用独立样本 *t* 检验进行分析。

2 结果

2.1 列车运行时车厢空气中可吸入颗粒物浓度的变化

由图 1 和图 2 可见, A 号线从地上车站至地下车站及 B 号线从地下车站至地上车站时, PM₁₀ 浓度变化区间相对较大, 可明显看出 PM₁₀ 在列车的行驶过程中平缓下降。而 A 号线从地下车站至地上车站及 B 号线从地上车站至地下车站时, 由于浓度区间变化小, 未见明显趋势。

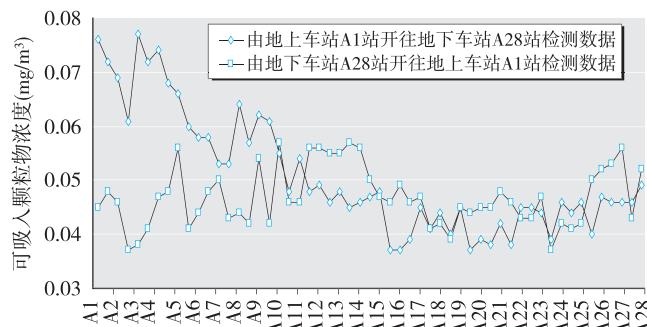


图 1 A 号线(小型车)列车车厢内可吸入颗粒物 PM₁₀ 浓度变化



图 2 B 号线(大型车)列车车厢内可吸入颗粒物 PM₁₀ 浓度变化

由表 1 可见, 列车开闭门时所测的数据与正常运行过程中 (不含开闭门) 的数据差异有统计学意义 (*P*<0.05)。对车厢内可吸入颗粒物进行计数分析, 结果见表 2。

表 1 包括列车开闭门时与不包括列车开闭门时的可吸入颗粒物 PM₁₀ 浓度测定结果分析

检测地点	停车开闭门时 (mg/m ³)	列车关门运行时 (mg/m ³)	<i>t</i>	<i>P</i>
A 号线	0.046 ± 0.010	0.043 ± 0.010	2.307	<0.05
B 号线	0.032 ± 0.006	0.029 ± 0.006	2.551	<0.05

由表 2 可见, A 号线和 B 号线列车车厢内小于 2.0 μm 的颗粒物个数分别占 96% 和 97%, 是列车车厢可吸入颗粒物最主要的部分。

表 2 各车厢内不同粒径颗粒物个数分布 (%)

检测地点	1.0 μm	2.0 μm	5.0 μm	10.0 μm
A 列车车厢	72	24	3	1
B 列车车厢	76	21	2	1

2.2 列车运行时车厢空气中 CO₂ 的变化

由图 3~图 6 可见, CO₂ 的浓度随人流量的增加而急剧增加, 且变化幅度比较大, 随人流量的减少而缓慢降低, 且变化幅度比较小。由图 7 可见, 列车由地上到达地下终点站的数据高于列车由地下到达地上终点站的数据。

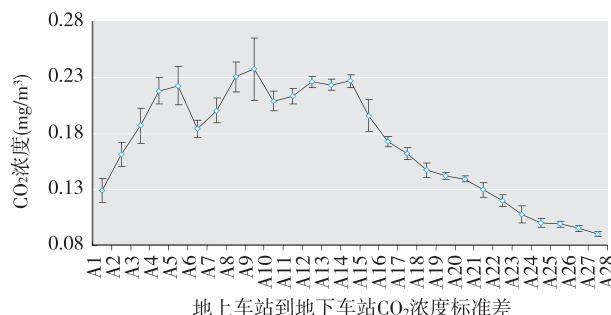


图 3 A 号线车厢内 CO₂ 变化的标准差曲线图 A1~A28

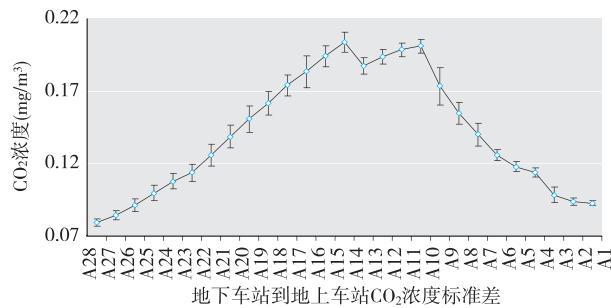


图 4 A 号线车厢内 CO₂ 变化的标准差曲线图 A28~A1

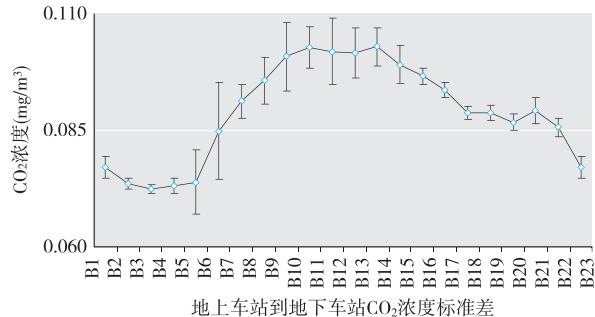


图 5 B 号线车厢内 CO₂ 变化的标准差曲线图 B1~B23

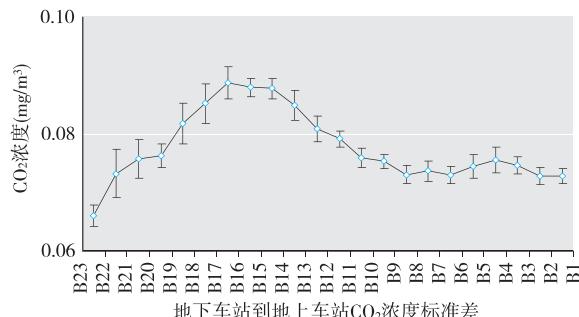
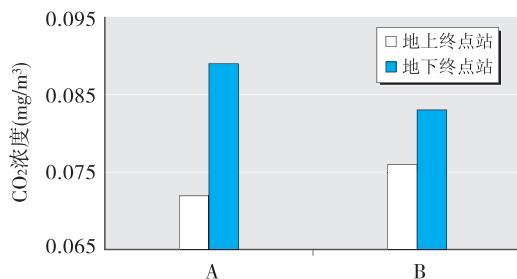


图 6 B 号线车厢内 CO₂ 变化的标准差曲线图 B23~B1

图7 到达地上终点站与地下终点站时车厢内CO₂浓度比较

3 讨论

列车在行驶过程中PM₁₀的浓度平缓下降,由于列车车厢是密闭性空间,空气过滤器可以通过物理阻断滤去气流中的颗粒物^[3],故列车车厢内集中空调通风系统的过滤系统对车厢内空气质量起到一定的净化作用。列车到站时,开启及关闭列车车门时人员的流动进出会夹带起扬尘,隧道及车站站台的PM₁₀由于人员的流动而带入列车车厢内,另外,列车车厢内集中空调通风系统的过滤系统对列车空气质量有净化作用,造成列车开闭门时所测的数据比正常运行过程中(不含开关闭门)的数据高。故建议加强维护列车车厢集中空调通风系统的过滤系统,做好空调过滤系统的清洗及日常维护,以确实保证列车车厢内的环境质量。

A号线和B号线列车车厢内<2.0 μm的颗粒物(PM_{2.0})是列车车厢可吸入颗粒物最主要的组成部分。<2.5 μm的颗粒物(PM_{2.5})沉积部位主要为肺泡,其与人体健康的关系更为显著。在今后检测过程中,如有条件的情况下,建议增加可吸入颗粒物PM_{2.5}的指标。

列车车厢内CO₂的浓度变化主要与人流量有关。CO₂浓度与空气污浊度的判定标准为:重污浊>0.15%^[4]。列车车厢在人员超过一定负荷的情况下,其车厢内环境质量远大于重污浊

的限值。另外,CO₂浓度随人流量的增加而急剧增加,随人流量的减少而缓慢降低,说明CO₂浓度有一定的蓄积作用。列车从地上开往地下时,列车在到达终点之前的几站检测显示,车厢内的人数不到10人,而CO₂仍保持在一定程度的浓度,也说明列车内的CO₂浓度有一定的蓄积作用,加上这两种类型列车车厢内的新风量设计参数为10 m³/(h·人),新风系统的供给不足。虽然列车正常开启新风系统,但不能快速稀释列车车厢内的CO₂浓度。列车由地上到达地下终点站时车厢内的CO₂浓度明显高于列车由地下到达地上终点站的CO₂浓度。数据说明列车行驶至地上时,室外环境对列车内空气中的CO₂有一定稀释作用,另外隧道本底浓度高于大气中CO₂浓度的本底值浓度。故列车车厢外的环境对列车内环境有一定的影响。已有研究^[5]表明,封闭式列车车厢设计时新风量不符合国家卫生标准,CO₂浓度严重超标。新风对于确保列车车厢内环境有十分重要的意义,改善列车车厢内的新风系统还是十分必要的。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1]吴世达,仲伟鉴.建设项目卫生学评价[M].北京:化学工业出版社,2009: 186.
- [2]中华人民共和国卫生部.GB/T 18204.1—2000 公共场所卫生标准检测方法[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [3]金银龙.集中空调污染与健康危害控制[M].北京:中国标准出版社,2006: 79.
- [4]张利伯.公共场所卫生学[M].上海:上海医科大学出版社,1991: 24-25.
- [5]丁宁,黄利花,万志龙.旅客列车车厢内空气质量调查研究[J].中国预防医学杂志,2006,7(2): 122-124.

(收稿日期: 2011-02-22)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 张晶; 校对: 丁瑾瑜)

【精彩预告】

武汉市4家大型机械制造企业职业病危害分析

毛革诗, 梁娇君, 李松汉, 杨磊

为分析武汉市机械制造企业存在的职业病危害因素,为改善作业环境、预防与控制职业病以及制定相关政策提供科学依据。研究人员选择4家异地新建的大型机械制造企业为对象,按国家职业卫生规范与标准,调查分析存在的职业病危害因素状况和防控措施实施情况,并对其进行了控制效果现场职业病危害因素检测。结果发现,噪声检测点超标率为35.2%,超标点分布广,接触机会多,超标率居前三位的工序为打磨(59.3%)、抛丸(55.6%)和冲压(52%)。生产性粉尘主要分布在焊接工作场所,其中砂轮磨尘超标率为13.0%,电焊烟尘超标率为11.9%,电焊烟尘的超标程度较大,其时间加权容许浓度(TWA)超标倍数最大达6倍。化学毒物共测5种,有3种超标,主要分布在喷涂和焊接工作场所,其中苯测点超标率为44.4%,甲苯为12.7%,锰为11.5%,锰超标程度较大,其TWA超标倍数最大达16倍。武汉市4家大型机械制造业超标严重的主要职业病危害因素是噪声、苯系物和粉尘,仍需采取有效的防护措施,保护劳动者的健康。

此文将于近期刊出,敬请关注!