

空调列车不同载员情况下车厢内空气质量的调查

刘燕, 李雅珍

摘要: [目的] 调查空调旅客列车不同载员情况下的空气质量及其影响因素, 为空调旅客列车的技术改造和卫生管理提供依据。[方法] 参照相关的标准和规定, 对空调旅客列车运行时车厢内微气候和空气质量等进行全程连续监测, 结果采用空气质量指数法进行评价。[结果] 空调列车欠员时空气质量指数为Ⅱ级, 属尚清洁; 超员时空气质量指数为Ⅲ级, 属轻度污染。从最大质量分指数看 CO_2 为首要污染物。欠员和超员时 CO_2 超标率均达 100%, 超员时温度和相对湿度的超标率高于欠员 ($P < 0.01$), 分别为 40% 和 27.8%。 CO_2 浓度随着客流量增长而增加, CO 浓度降低, 温度也随着降低, Spearman 秩相关系数分别为 0.549, -0.449, -0.349, ($P < 0.01$)。[结论] 空调旅客列车硬座车厢超员时空气质量下降。

关键词: 空调旅客列车; 不同载员情况; 空气质量; 空气质量指数法

Investigation and Analysis on Air Quality in the Air-conditioned Passenger Train under Different Passenger Load Conditions LIU Yan, LI Ya-zhen (Center for Disease Control and Prevention of Shanghai Railway Bureau, Shanghai 200071, China)

Abstract: [Objective] To investigate and analyze the air quality in the air-conditioned train under different passenger load conditions. [Methods] Referring to the relevant standards and rules, the micro-climate and air quality of the air-conditioned passenger trains were monitored continuously. The measured data was analyzed with SPSS16.0. The results were evaluated with the Air Quality Index Method. [Results] When the air-conditioned train compartment was underloaded, the air quality index was in grade II, the air quality was still clean. When the compartment was overloaded, the air quality index was in grade III, the air quality was lightly polluted. The maximum value of all air quality sub-indices ($I_{\max}$) showed that CO_2 was the primary pollutant. The exceeding rate of CO_2 concentration was 100% whether the compartment was underloaded or overloaded. The exceeding rates of temperature and relative humidity in the compartment during overloading were 40.0% and 27.8%, significantly higher than during underloading ($P < 0.01$). With the increase of the passenger number, CO_2 concentration increased, but CO concentration and the temperature decreased, the Spearman rank correlation coefficients were 0.549, -0.449 and -0.349 respectively ($P < 0.01$). [Conclusion] The air quality in an overloaded compartment was worse than underloaded one in air-conditioned passenger train.

Key Words: air-conditioned passenger train; different passenger load condition; air quality; air quality index method

火车是大众出行的首选交通工具之一。与一般的公共场所相比, 火车车厢有其特殊性, 空调列车在其封闭的环境中, 更容易造成空气污染, 载员情况不同, 空气质量即会发生相应变化。为保障广大旅客的身体健康, 本调查拟对空调旅客列车车厢内的空气质量进行全程监测与分析, 了解其影响因素, 为空调旅客列车的技术改造和卫生管理提供卫生学依据。

1 对象与方法

1.1 调查对象

2009 年 5 月, 以长途空调旅客列车为研究对象, 随机抽取一节硬座车厢, 对其空气质量进行往返全程连续监测。本次列车车型为 YZ25G, 硬座车厢定员 112 人, 载员人数多于 112 人为超员, 少于 112 人为欠员。

[作者简介] 刘燕 (1984—) 女, 学士, 医师, 研究方向: 公共场所环境卫生; E-mail: liuyansen@163.com

[作者单位] 上海铁路局疾病预防控制中心, 上海 200071

1.2 监测项目与方法

1.2.1 监测指标及仪器 监测因素有: ①微气候 (气温、相对湿度、风速); ②一氧化碳 (CO); ③二氧化碳 (CO_2); ④可吸入颗粒物 (PM_{10})。测温度、相对湿度使用 DHM-2 型通风干湿表 (北京翰科斯达科技发展有限公司, 北京); 测风速使用 TESTO425 风速仪 (德国 testo 仪器有限公司, 德国); 测一氧化碳使用 GXH-3011A 便携式一氧化碳分析仪 (北京宝云兴业科贸有限公司, 北京); 测二氧化碳使用 BYCO₂2002A 二氧化碳气体检测器 (北京宝云兴业科贸有限公司, 北京); 测可吸入颗粒物使用 AM510 防爆智能数字粉尘仪 (美国 TSI 公司, 美国)。

1.2.2 监测方法 依据《公共场所卫生标准检验方法》(GB/T 18204.1~18204.30—2000)^[3]中的相关规定进行上述指标的测定。

1.2.3 监测布点 依据《旅客列车卫生及监测技术规定》(TB/T 1932—2001)^[1]及《公共场所卫生监测技术规范》(GB/T 17220—1998)^[2], 按完全随机原则, 从列车 5 节硬座车厢中抽取一节硬座车厢, 在车厢的两端分别布置 2 个监测点, 监测点距车

厢地面高度 1.5 m, 距车窗 1.0 m。

1.2.4 监测时间 列车开车后 1 h 做第一次监测, 以后运行途中每 6 h 监测一次, 直至到达终点, 一个单程做 7 次监测, 往返共做 14 次监测, 共 28 个点次, 每个监测点监测 2 次作为平行样, 每个监测点共有样品 168 份(温度、相对湿度、风速、CO、CO₂、PM₁₀ 6 个指标共有样品 336 份)。各指标的样本含量均为 56 份(超员时加欠员时的总数)。

1.2.5 评价 结果评价依据为《公共交通工具卫生标准》^[3]。评价方法为空气质量评价法, 采用复旦大学姚志麒教授提出的最高值与平均值兼顾的空气质量指数法^[4]对交通工具微环境空气质量进行评价。其数学表达式为:

$$I = \sqrt{x \cdot y} = \sqrt{\max [c_1/s_1, c_2/s_2, \dots, c_n/s_n] \cdot [1/n \sum_{i=1}^n c_i/s_i]}$$

式中: I —空气质量指数, x —最大质量分指数即各个 c_i/s_i 值中的最高值, y —平均质量分指数即各个 c_i/s_i 值中的平均值, c_i —第 i 种污染物的浓度; s_i —第 i 种污染物的评价标准值, n —污染物个数。 I 的数值越大, 反映综合污染越严重。通过引入室内空气质量综合评价等级^[4]指数(如表 1 所示), 对空调旅客列车车厢内的空气质量进行判断。

表 1 室内空气质量等级判断标准

空气质量指数	空气质量等级	评价
≤ 0.49	I	清洁
0.50~0.99	II	尚清洁
1.00~1.49	III	轻污染
1.50~1.99	IV	中污染
≥ 2.00	V	重污染

1.2.6 质量控制 参加人员均经培训考核合格后上岗, 监测方法按国家有关标准方法执行, 监测前所有仪器经国家指定的技术监测单位检查合格。

1.2.7 数据处理方法 将监测数据输入 SPSS 16.0 建立数据库, 对随机抽取的同一硬座车厢欠员与超员时的空气质量进行描述性分析, 各监测指标随着客流量的增加而变化的关系用 Spearman 秩相关系数进行统计分析。

2 结果

2.1 空气质量分析

2.1.1 欠员与超员时车厢内空气质量比较 由表 2 可见硬座车厢欠员与超员时的温度、相对湿度、风速、PM₁₀ 相差不大 ($P > 0.05$), 车厢内 CO₂ 浓度以超员时高于欠员时 ($P < 0.01$), 欠员时车厢内 CO 浓度高于超员时 ($P < 0.01$)。

表 2 欠员与超员时车厢内空气质量比较

载员情况	温度 (℃)	相对湿度 (%)	风速 (m/s)	CO (mg/m ³)	CO ₂ (%)	PM ₁₀ (mg/m ³)
欠员 ($n=72$)	25.2 ± 1.2	62 ± 6	0.22 ± 0.09	1.6 ± 0.4	0.201 ± 0.031	0.106 ± 0.039
超员 ($n=264$)	24.3 ± 1.7	62 ± 11	0.19 ± 0.09	0.8 ± 0.4	0.257 ± 0.061	0.096 ± 0.061
国家标准	24~28	40~70	≤ 0.5	≤ 10	≤ 0.15	≤ 0.25

2.1.2 欠员与超员时各监测指标超标率的比较 硬座车厢欠员时温度和 CO₂ 均超标, 超标率分别为 25% 和 100%, 超员时温度、相对湿度和 CO₂ 超标, 超标率分别为 40.0%、27.8% 和 100%。其中欠员时温度和相对湿度的超标率低于超员 ($P < 0.05$)。

2.2 客流量与空气质量指标间的关系

硬座车厢客流量与监测指标间有统计学意义的是 CO、CO₂ 和温度 ($P < 0.01$), 由表 3 可见, Spearman 相关系数分别为 -0.445、0.549 和 -0.349。CO 与客流量增长间成负相关, 随着客流量增长 CO 浓度随之而降低; CO₂ 与客流量增长间呈正相关, 随着客流量增长 CO₂ 浓度增加; 温度与客流量呈负相关, 即随着客流量的增长, 温度随之而降低。

表 3 客流量与空气质量监测指标间的相关关系

指标	Spearman 相关系数	P
CO	-0.445	< 0.01
CO ₂	0.549	< 0.01
PM ₁₀	-0.26	> 0.05
温度	-0.349	< 0.01
相对湿度	0.054	> 0.05
风速	-1.64	> 0.05

2.3 空调旅客列车车厢内空气质量综合评价

从此车厢内空气质量综合评价可看出, 车厢中 CO₂ 的质量分指数最大, 是首要污染物。硬座车厢超员时空气质量较差, 为 III 级, 轻度污染, 这与乘客数量较多有关; 欠员时空气质量有所提高, 为 II 级, 其空气质量指数 0.93, 数值接近 1, 空气质量尚清洁, 但仍有一定污染。

表 4 空调旅客列车车厢内空气质量综合评价

载员情况	空气质量指数(I)	最大质量分指数		空气质量等级
		污染物	数值	
欠员	0.93	CO ₂	1.34	II 尚清洁
超员	1.11	CO ₂	1.71	III 轻污染

3 讨论

经调查分析, 空调列车硬座车厢超员时车厢内温度、相对湿度超标率高于欠员, 可反映出超员时空气质量相对较差。PM₁₀ 在欠员和超员情况下均未超标, 由于在关窗的情况下, 颗粒物被不同程度地阻止在车外, 而空调系统的运行会过滤掉部分颗粒物, 所以关窗时空调列车车厢空气中 PM₁₀ 浓度会显著下降。欠员和超员时 CO₂ 超标率均较为严重, 达到 100%, 这是因为硬座车厢乘车人员相对集中, 空调列车内 CO₂ 浓度与新风量密切相关^[5], 新风量消耗较多, 气体得不到有效稀释而不断聚集, 车厢内 CO₂ 浓度就很容易超标, 这样的状态对旅客的身体健康十分不利。从客流量增长与各监测指标间的相关关系来看, CO₂ 浓度随着客流量的增长而增加, CO₂ 主要是由人的呼吸产生, 而空调列车的车厢是封闭的, 空气流通相对较慢, 在车厢送风中自循环风量多, 新风量少, 客流量增大的情

况下,密闭车厢内 CO₂不断蓄积而上升。CO₂的浓度可以反映出车厢内有害气体的综合水平,也可以反映出车厢内通风换气的实际效果^[4],具有重要的卫生学意义。

车厢内的 CO 主要来自旅客吸烟,由于空调列车为无烟车厢,有相应的禁烟措施实施,因此欠员、超员情况下 CO 均未超标。空气中的 CO 主要通过呼吸进入人体,而空调列车的禁烟措施减少了 CO 的产生,随着客流量的增加通过呼吸带走了空气中有限的 CO。温度随着客流量的增加而降低,主要是因客运部门对列车空调温度进行下调。

空气质量指数法的分析可看出超员时空气是轻度污染的,差于欠员时的情况。而欠员和超员时的首要污染物都来自于 CO₂。此方法在室内及交通工具微环境空气质量评价中已有成功应用的先例^[6-8]。李湉湉等也通过本方法对北京市公共交通工具微环境空气质量进行过综合评价^[9]。可看出运用此方法可全面了解室内及交通工具微环境中的空气质量状况,且能分析出引起空气污染的主要因素。

总之,通过本次监测调查可知,空调列车超员时空气质量差于欠员,其首要污染物为 CO₂,其超标率也是最高的。随着载员量的增加空气质量会随之降低。因此为保证良好的乘车环境和旅客的身体健康,做好列车的人员控制很关键,尤其是硬座车厢超员较为严重;其次应采用空气净化装置对空调列车通风进行改善,增加新风补给,注意定期对空调装置的维修和保护,使其通风顺畅,为旅客提供良好的乘车环境。

参考文献:

- [1] 武汉铁路中心卫生防疫站、郑州铁路局卫生处、北京铁路中心卫生防疫站. TB/T 1932—2001 旅客列车卫生及监测技术规定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [2] 中国预防医学科学院环境卫生监测所. GB/T 17220—1998 公共场所卫生监测技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [3] 中国预防医学科学院环境卫生监测所等. GB/T 18204—2000 公共场所卫生标准检验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [4] 陈学敏, 杨克敌, 衡征昌, 等. 环境卫生学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [5] 黄斌, 陈敏, 汪志辉, 等. 空调旅客列车空气质量影响因素调查研究[J]. 海峡预防医学杂志, 2008, 14(3): 9-11.
- [6] 白郁华, 陈旦华. 室内环境质量调查——北京大学园区室内空气污染综合评价[M]. 北京: 原子能出版社, 1998: 62.
- [7] 沈晋明, 毛继传, 孙光前. 上海办公大楼空气品质客观评价[J]. 建筑热能通风空调, 1995, 14(4): 14-17.
- [8] LI TT, BAI YH, LIU ZR, et al. In-train air quality assessment of the railway transit system in Beijing, China[J]. Transport Res Part D: Transport and Environment, 2007, 12: 64-67.
- [9] 李湉湉, 颜敏, 刘金凤, 等. 北京市公共交通工具微环境空气质量综合评价[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(6): 25-26.

(收稿日期: 2009-07-02)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 洪琪; 校对: 徐新春)

(上接第 236 页)

价及控制效果评价的评估表,统一职业病危害评价报告的审核标准。②加大对职业卫生服务机构的有效监督、加强对专家库的管理,对建设项目职业病危害评价和审查每年组织专项检查。③采用多种方式加强对职业卫生技术服务机构、人员、设备 etc 能力建设的培训、提高职业卫生技术服务机构工作水平,为职业病防治工作创建一个良好的氛围。④各卫生行政部门之间要加强信息沟通、协调,提高业务能力、把好预防性卫生审核关。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国职业病防治法[EB/OL]. (2001-10-27). [2009-08-14]. <http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/mohzcfgs/s3576/200804/16489.htm>.
- [2] 朱彩菊, 吴世达, 孙广文, 等. 上海市建设项目职业病危害预评价

工作的分析[J]. 上海预防医学, 2004, 16(1): 22-23.

- [3] 赵同刚. 中国卫生监督信息报告工作手册[M]. 北京: 法律出版社, 2007: 101.
- [4] 谢秀芬. 509 件建设项目预防性职业卫生评价审核报告分析[J]. 上海预防医学, 2008, 20(8): 415-416.
- [5] 中华人民共和国卫生部. 建设项目职业病危害分类管理办法[EB/OL]. (2006-07-27). [2009-08-14]. <http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/mohzcfgs/s3576/200804/29291.htm>.
- [6] 刘新荣, 沈骏, 黄灵, 等. 建设项目职业病危害评价相关问题的分析和探讨[J]. 工业卫生与职业病, 2009, 35(2): 91-93.

(收稿日期: 2010-08-14)

(英文编审: 薛寿征; 编辑: 郭薇薇; 校对: 洪琪)