

西安市地铁 2 号线运营前地铁站室内空气卫生质量

吴小燕, 张峰, 刘心苗, 刘萍, 马金龙

摘要: [目的] 了解西安市地铁 2 号线运营前 17 座车站室内空气卫生质量状况。[方法] 根据《公共场所卫生监测技术规范》(GB/T 17220—1998), 对 17 个车站站台、站厅的温度、相对湿度、风速、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、甲醛、可吸入颗粒物(PM₁₀)、空气细菌总数、噪声、照度进行监测。[结果] 16 号地铁站温度均值以及 9、10 号地铁站 PM₁₀ 均值超标, 其余 14 个地铁站各项卫生指标均合格。17 个车站站厅温度、CO₂、甲醛值均高于站台; 相对湿度、噪声、照度水平均低于站台, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。[结论] 西安市地铁 2 号线运营前室内空气卫生质量状况良好, 建议地铁开通后加强卫生监测工作。

关键词: 地铁站; 卫生质量; 监测

Indoor Air Quality of Metro Line 2 Stations before Commercial Operation in Xi'an WU Xiao-yan, ZHANG Feng, LIU Xin-miao, LIU Ping, MA Jin-long (Xi'an Center for Disease Control and Prevention, Shaanxi 710054, China) · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To analyze the indoor air quality of 17 stations of metro line 2 in Xi'an. [Methods] With reference to the *Technical Rules of Health Monitoring for Public Places* (GB/T 17220—1998), indicators including temperature, relative humidity, wind velocity, carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), formaldehyde, respirable particulate matter (PM₁₀), air bacteria, noise, and illumination were detected in the 17 station halls and platforms. [Results] Except the temperature of Station 16 and the PM₁₀ in Stations 9 & 10 were higher than the standards, the indicators of the other 14 stations were all within the acceptable limits. The temperature, the concentrations of CO₂ and formaldehyde were higher in the station halls, and the relative humidity, noise levels, and illumination levels were higher in the platforms ($P < 0.05$). [Conclusion] The indoor hygienic quality of Xi'an metro line 2 is at a high level. Routine hygienic monitoring should be performed after the commercial operation.

Key Words: metro station; hygienic quality; monitoring

西安市地铁 2 号线北客站至会展中心站(含)(一期工程)作为与广大市民利益息息相关的市政项目, 为确保地铁安全顺利开通, 保障乘车市民的健康, 西安市疾病预防控制中心依据《中华人民共和国传染病防治法》、《公共场所卫生管理条例》等卫生法律、法规, 接受西安市地下铁道有限责任公司的委托, 于 2011 年 7 月对西安市地铁 2 号线(一期工程), 共计 17 个车站进行卫生学评价, 现将评价结果总结如下。

1 材料与方法

1.1 监测方法

西安市地铁 2 号线(一期工程)17 座车站均为地下二层岛式结构, 站台、站厅公共区域使用集中空调通风系统。参照《公共场所卫生监测技术规范》(GB/T 17220—1998)^[1], 对站台、站厅采用梅花布点法(5 个采样点)进行采样, 每天上午、下午各监测 1 次, 连续监测 3 d。

1.2 监测项目

站台、站厅的微小气候(温度、相对湿度、风速)、一氧化

碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、甲醛、可吸入颗粒物(PM₁₀)、空气细菌总数、噪声、照度。

1.3 监测/检验仪器

采用美国 TSI8762IAQ-CALA™ 室内空气质量仪监测温度、相对湿度、CO、CO₂, 分辨率为 0.1℃、0.1%、0.1 ppm、1 ppm; 采用美国 TSI8386A 多参数通风表检测风速, 分辨率为 0.01 m/s; 采用美国 INTERSCAN4160-19.99M 型甲醛分析仪检测甲醛, 分辨率为 0.01 ppm; 采用美国 TSI8520 型智能粉尘检测仪检测 PM₁₀, 分辨率为 0.001 mg/m³; 采用杭州爱华 AWA6270A/B/C 型噪声分析仪监测噪声, 分辨率为 0.1 dB(A); 采用台湾 TES-1336A 照度计检测照度, 分辨率为 1 lx。使用直径 9 cm 的普通琼脂培养基计算空气细菌总数, 采取沉降法, 每次暴露 5 min, 样品于 37℃ 培养 24 h 后进行菌落计数。

1.4 评价标准

参照《公共交通等候室卫生标准》(GB 9672—1996)^[2]对地铁站内的温度、相对湿度、风速、CO、CO₂、甲醛、PM₁₀、空气细菌总数、噪声、照度进行卫生学评价。

1.5 统计分析

采用 SPSS 13.0 进行统计分析, 在数据分析前对数据进行正态性检验, 数据以 $\bar{x} \pm s$ 、中位数、总秩和值表示, 采用 t 检验和秩和检验, 检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

[作者简介] 吴小燕(1984—), 女, 硕士, 医师; 研究方向: 环境卫生学;

E-mail: wuxy02@126.com

[作者单位] 西安市疾病预防控制中心, 陕西 710054

2 结果

2.1 地铁站各项卫生学指标

表 1 是 17 个地铁站各项卫生学指标的监测结果。由表 1 可

见, 16 号地铁站的温度均值超标, 9、10 号地铁站 PM₁₀ 均值超标, 其余 14 个地铁站的各项卫生监测指标均值全部合格。

表 1 17 个地铁站各项卫生学指标的监测结果

卫生学指标	站 1	站 2	站 3	站 4	站 5	站 6	站 7	站 8	站 9
温度($\bar{x} \pm s$, $^{\circ}\text{C}$)	26.5 $\pm$ 1.2	25.9 $\pm$ 0.8	26.0 $\pm$ 1.3	25.9 $\pm$ 0.9	26.7 $\pm$ 0.9	26.5 $\pm$ 1.1	25.3 $\pm$ 0.7	25.9 $\pm$ 0.7	25.8 $\pm$ 0.9
相对湿度($\bar{x} \pm s$, %)	67.8 $\pm$ 6.7	70.3 $\pm$ 8.5	76.3 $\pm$ 7.2	69.8 $\pm$ 6.9	69.4 $\pm$ 6.7	68.8 $\pm$ 5.4	67.2 $\pm$ 5.8	73.4 $\pm$ 3.2	68.1 $\pm$ 5.2
风速($\bar{x} \pm s$, m/s)	0.17 $\pm$ 0.07	0.15 $\pm$ 0.06	0.13 $\pm$ 0.06	0.13 $\pm$ 0.06	0.13 $\pm$ 0.05	0.14 $\pm$ 0.06	0.14 $\pm$ 0.08	0.09 $\pm$ 0.04	0.13 $\pm$ 0.06
CO($\bar{x} \pm s$, mg/m ³)	5.03 $\pm$ 0.20	5.08 $\pm$ 0.29	5.25 $\pm$ 0.32	5.16 $\pm$ 0.37	5.33 $\pm$ 0.55	5.71 $\pm$ 0.08	5.47 $\pm$ 0.15	5.33 $\pm$ 0.23	5.29 $\pm$ 0.37
CO ₂ ($\bar{x} \pm s$, %)	0.030 $\pm$ 0.007	0.027 $\pm$ 0.004	0.029 $\pm$ 0.008	0.030 $\pm$ 0.004	0.030 $\pm$ 0.004	0.032 $\pm$ 0.004	0.028 $\pm$ 0.004	0.029 $\pm$ 0.005	0.030 $\pm$ 0.004
PM ₁₀ ($\bar{x} \pm s$, mg/m ³)	0.147 $\pm$ 0.032	0.112 $\pm$ 0.007	0.141 $\pm$ 0.006	0.099 $\pm$ 0.006	0.097 $\pm$ 0.005	0.124 $\pm$ 0.005	0.143 $\pm$ 0.020	0.100 $\pm$ 0.002	0.275 $\pm$ 0.049
噪声[$\bar{x} \pm s$, db(A)]	65.4 $\pm$ 5.1	65.0 $\pm$ 3.4	62.6 $\pm$ 4.3	62.0 $\pm$ 4.2	63.2 $\pm$ 5.2	60.6 $\pm$ 4.7	62.0 $\pm$ 6.1	58.5 $\pm$ 5.1	60.0 $\pm$ 5.2
甲醛(中位数, mg/m ³)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
照度(中位数, lx)	204.5	202	267	238	232	214.5	242	333.5	275.5
细菌总数(中位数, 个/皿)	1.5	3	2	1	2	2	2	3	3

卫生学指标	站 10	站 11	站 12	站 13	站 14	站 15	站 16	站 17	参考标准
温度($\bar{x} \pm s$, $^{\circ}\text{C}$)	25.4 $\pm$ 0.7	26.8 $\pm$ 0.9	25.6 $\pm$ 0.9	25.8 $\pm$ 0.7	26.9 $\pm$ 0.7	26.1 $\pm$ 1.0	30.0 $\pm$ 1.1	25.7 $\pm$ 1.0	24~28
相对湿度($\bar{x} \pm s$, %)	77.6 $\pm$ 5.6	69.7 $\pm$ 3.4	75.7 $\pm$ 4.3	65.4 $\pm$ 6.9	66.5 $\pm$ 4.5	68.7 $\pm$ 5.4	64.2 $\pm$ 4.3	68.8 $\pm$ 6.5	40~80
风速($\bar{x} \pm s$, m/s)	0.20 $\pm$ 0.08	0.14 $\pm$ 0.06	0.18 $\pm$ 0.06	0.17 $\pm$ 0.09	0.18 $\pm$ 0.06	0.14 $\pm$ 0.07	0.17 $\pm$ 0.05	0.14 $\pm$ 0.07	$\leq$ 0.5
CO($\bar{x} \pm s$, mg/m ³)	6.12 $\pm$ 1.12	5.51 $\pm$ 0.79	5.45 $\pm$ 0.60	5.61 $\pm$ 0.65	5.60 $\pm$ 0.70	5.40 $\pm$ 0.53	5.13 $\pm$ 0.49	5.20 $\pm$ 0.34	$\leq$ 10
CO ₂ ($\bar{x} \pm s$, %)	0.041 $\pm$ 0.007	0.044 $\pm$ 0.008	0.046 $\pm$ 0.007	0.027 $\pm$ 0.004	0.046 $\pm$ 0.008	0.028 $\pm$ 0.004	0.050 $\pm$ 0.009	0.045 $\pm$ 0.005	$\leq$ 0.15
PM ₁₀ ($\bar{x} \pm s$, mg/m ³)	0.439 $\pm$ 0.127	0.211 $\pm$ 0.078	0.105 $\pm$ 0.002	0.087 $\pm$ 0.005	0.158 $\pm$ 0.022	0.086 $\pm$ 0.004	0.088 $\pm$ 0.004	0.112 $\pm$ 0.006	$\leq$ 0.25
噪声[$\bar{x} \pm s$, db(A)]	62.9 $\pm$ 4.3	63.5 $\pm$ 5.6	62.0 $\pm$ 5.2	62.8 $\pm$ 4.8	62.8 $\pm$ 4.2	59.6 $\pm$ 5.5	61.5 $\pm$ 5.3	62.9 $\pm$ 5.5	$\leq$ 70
甲醛(中位数, mg/m ³)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	$\leq$ 0.12
照度(中位数, lx)	239	281	227.5	179.5	248.5	230	203	212.5	$\geq$ 60
细菌总数(中位数, 个/皿)	3	5.5	2	2	3	3	8	2	$\leq$ 75

2.2 站台与站厅各项卫生学指标

表 2 是站台与站厅各项卫生学指标监测结果的比较。由表 2 可见, 经 *t* 检验和秩和检验, 站厅的温度、CO₂、甲醛值高于站台; 相对湿度、噪声、照度水平低于站台, 且差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 2 站台与站厅的各项卫生学指标监测结果的比较

卫生学指标	站厅	站台	<i>t/z</i>	<i>P</i>
温度($\bar{x} \pm s$, $^{\circ}\text{C}$)	26.5 $\pm$ 1.4	26.1 $\pm$ 1.4	4.728	0
相对湿度($\bar{x} \pm s$, %)	68.3 $\pm$ 7.2	71.4 $\pm$ 6.1	-7.504	0
风速($\bar{x} \pm s$, m/s)	0.15 $\pm$ 0.07	0.15 $\pm$ 0.07	0.335	0.738
CO($\bar{x} \pm s$, mg/m ³)	5.37 $\pm$ 0.63	5.41 $\pm$ 0.60	-0.882	0.378
CO ₂ ($\bar{x} \pm s$, %)	0.036 $\pm$ 0.010	0.034 $\pm$ 0.010	1.997	0.046
PM ₁₀ ($\bar{x} \pm s$, mg/m ³)	0.144 $\pm$ 0.086	0.153 $\pm$ 0.103	-1.557	0.115
噪声[$\bar{x} \pm s$, db(A)]	61.7 $\pm$ 5.3	62.7 $\pm$ 6.0	-2.817	0.005
甲醛(中位数, mg/m ³)	271 705.5	249 004.5	-2.568	0.01
照度(中位数, lx)	237 796.5	282 913.5	-4.795	0
细菌总数(中位数, 个/皿)	261 134	259 576	-0.167	0.867

3 讨论

地铁站地下层作为相对封闭的公共区域, 室内外空气交换基本依靠空调通风系统, 站台、站厅的不良物理、化学、生物因素会对乘客的身体健康造成一定影响, 这些原因使得地铁站空气卫生质量状况越来越受到研究人员的关注^[3-7]。

本次调查中, 除 16 号地铁站温度均值以及 9、10 号地铁站 PM₁₀ 浓度均值高于国家卫生标准外, 其余各项指标均低于国家标准, 提示 17 个地铁站空气卫生质量状况良好。9、10、16 号地铁站 PM₁₀、温度指标值高于国家标准, 可能与 9、10 号站当时在进行后期工程扫尾, 16 号站当时空调系统故障有关。同时, 本研究发现, 地铁站厅温度高于站台, 相对湿度低于站台, 可能是由于地铁 2 号线地铁站的设计均为地下二层岛式结构, 站厅较站台与地面存在较强的自然通风, 因此造成站厅相对湿度低于站台。另外, 本次现场调查时正值西安夏季, 虽然站厅有空调系统, 仍然造成站厅温度高于站台。站厅 CO₂ 浓度较高, 可能与地铁站厅出口一般设置在人流密集地带有关, 此结果与李锦等^[8]的研究结果相似。站厅的甲醛浓度高于站台, 站台的噪声值高于站厅, 究其原因, 可能是地铁部门为保障地铁 2 号线能够按时顺利通车, 正在积极地进行站厅文化墙的装修以及列车的试运行。站台照度高于站厅, 可能与站台照明系统开启较多有关。

根据本次调查结果, 地铁 2 号线运营前总体室内空气卫生质量状况良好。鉴于某些站点的某些指标存在超标现象, 建议地铁部门在列车调试完成以及扫尾工作结束后, 重新对不合格项目进行监测, 并在地铁正常开通运营后, 加强对空调系统的管理, 定期对送、回风管道进行清洗、消毒, 做好日常卫生监测工作。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

(下转第 618 页)

地铁站空调系统受微生物污染不可避免, 仅依靠其自身补充新风、过滤, 气体交换等空气处理难以完全控制或消除空气微生物污染^[10]。杨军等^[11]对上海地铁 1 号线车站集中式空调通风系统风管清洗对候车区空气状况影响的研究中指出: 清洗地铁站集中式空调通风系统风管可能无法改善候车区的空气质量, 文章同时提出此结果有待进一步印证。为消除空气微生物污染, 可在组合式空气处理机组盘管段或过滤器段, 安装相应功率的紫外线灯直接对凝结水盘和盘管做表面和空气消毒, 杀灭由新风和回风带入的沉积在水盘和盘管上的致病微生物。

西安市地铁 2 号线开通前空调系统的细菌水平尚可, 真菌存在一定程度的污染。建议: 地铁管理部门定期组织人员对空调系统进行消毒除菌, 在条件允许的情况下宜安装防菌灭菌设施。地铁开通后相关部门应加强空调系统的卫生监测工作, 避免呼吸道疾病等公共卫生事件的发生。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 谢小保, 欧阳友生, 曾海燕, 等. 广州地铁站空气微生物污染状况研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(9): 1883-1884, 1907.
- [2] 李静, 刘翔翔, 甘平胜, 等. 广州地铁 3、4 号线首通段室内空气氨和苯浓度监测分析[J]. 现代预防医学, 2007, 34(2): 292-293, 296.
- [3] 张然, 叶宝英, 曾惠芳, 等. 深圳市地铁一号线运营前空气中

调系统微生物污染情况[J]. 职业与健康, 2010, 26(7): 796-797.

- [4] 中华人民共和国卫生部. 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.
- [5] 中华人民共和国卫生部. 公共场所集中空调通风系统卫生规范[EB/OL]. (2012-09-19). <http://www.moh.gov.cn/zwgkzt/pgw/201210/56035.shtml>.
- [6] 周宁, 李辰, 从林, 等. 北京市地铁站站台空气微生物抽样检测的实验研究[J]. 北方环境, 2010, 22(5): 64-67.
- [7] 张然, 陈桂冰, 石晓路, 等. 深圳市空调冷却塔水军团菌污染状况调查[J]. 中国热带医学, 2005, 5(3): 426-427.
- [8] 冯文如, 宋宏, 马林, 等. 冷却塔水军团菌影响因素分析[J]. 中国热带医学, 2007, 7(8): 1470-1472.
- [9] 朱佩云, 陈悦, 沈健民, 等. 上海部分地铁站空调冷却塔水军团菌污染状况调查[J]. 环境与职业医学, 2002, 9(5): 313-314.
- [10] 张志诚, 冯锦姝, 周国宏, 等. 地铁站公共区室内空气微生物污染状况评价[J]. 中国公共卫生管理, 2010, 26(3): 327-329.
- [11] 杨军, 周其星, 谭英祥, 等. 上海地铁 1 号线车站集中式空调通风系统风管清洗对候车区空气状况影响[C]//2006 年第四届环境与职业医学国际学术研讨会论文集. 上海: 《环境与职业医学》编委会, 2006: 179-180.

(收稿日期: 2012-08-15)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 张晶; 校对: 葛宏妍)

(上接第 615 页)

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部. 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.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB 9672—1996 公共交通等候室卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [3] 张建鹏, 潘尚霞, 陈炳耀, 等. 南方某市轨道交通四号线工程项目卫生学预评价[J]. 中国卫生工程学, 2007, 6(6): 331-333.
- [4] 刘晓波, 吴永会, 吕嵩, 等. 黑龙江省某市地铁工程公共场所卫生学预评价[J]. 中国公共卫生管理, 2011, 27(3): 257-259.
- [5] 张莉萍, 倪骏, 刘哲, 等. 上海地铁某号线地下车站室内空气品质

分析[J]. 上海预防医学, 2010, 22(8): 401-403.

- [6] 刘国红, 黄广文, 李锦, 等. 深圳市地铁 2 号线 17 座车站竣工验收时卫生质量分析[J]. 环境卫生学杂志, 2011, 1(6): 11-15.
- [7] 李丽, 钱春燕, 张海云, 等. 上海市轨道交通系统车站空气质量状况调查[J]. 环境与职业医学, 2011, 28(5): 277-280.
- [8] 李锦, 黄广文. 深圳一号线地铁站室内空气品质状况分析[J]. 中国公共卫生管理, 2012, 28(1): 112-113.

(收稿日期: 2012-11-26)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 张晶; 校对: 何蓉)

【精彩预告】

噪声与苯系物联合暴露对男工听力损失的影响

王璐, 焦建栋, 徐鹏, 顾妍丽, 马倩倩, 任晓明

本研究旨在探讨职业性噪声和苯系物联合暴露对劳动者听力系统的影响, 为国家制定相应卫生标准提供理论依据。研究人员以接触噪声和低浓度苯系物(甲苯 $<40\text{mg/m}^3$)的 71 名男工、噪声和高浓度苯系物(甲苯 $\geq 40\text{mg/m}^3$)的 96 名男工以及仅接触噪声的 153 名男工为研究对象。采用个体采样法对作业场所中的噪声、苯系物进行测定; 对研究对象进行左、右耳 0.5~6 kHz 6 个频率的纯音气导听阈测试; 计算累积噪声暴露量并进行分层分析。结果发现, 噪声+苯系物高暴露组的高频听力损失患病率(66.67%)高于噪声+苯系物低暴露组(28.17%)和单纯噪声暴露组(37.25%)。各组间高频听力患病率与累积噪声暴露量之间存在剂量-反应关系, logistic 回归模型显示, 噪声+苯系物联合暴露组的剂量-反应曲线与单纯噪声暴露组相比, 出现曲线左移、斜率增大的现象。认为, 接触苯系物会增加噪声作业场所中听力损失的发生率, 并主要对高频听力产生影响。

此文将于近期刊出, 敬请关注!