

西安市地铁2号线运营前集中空调系统微生物污染状况

刘萍, 张峰, 马金龙, 吴小燕, 刘心苗

摘要: [目的] 掌握西安市地铁2号线运营前集中空调通风系统的微生物污染状况, 为地铁的环境监测提供基线数据。[方法] 对西安市16个地铁站站台、站厅层的空调通风系统进行监测, 每个站点连续监测3d, 每天上、下午各1次。监测项目包括空调送风及风管内表面的菌落总数、 β -溶血性链球菌、真菌及空调冷却水、冷凝水的嗜肺军团菌。[结果] 检测的16个地铁站空调系统风管内表面及空调送风中的真菌总数合格率分别为44.7%、59.4%; 风管内表面及空调送风中的菌落总数合格率分别为100.0%、96.9%; 风管内表面及空调送风中未检出 β -溶血性链球菌。检测了空调系统冷却水、冷凝水各32份, 其中嗜肺军团菌阳性率分别为28.1%、0%, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。站厅、站台送风中真菌总数均值分别为413、625 cfu/m³, 差异有统计学意义($P < 0.01$); 站厅、站台风管内表面真菌总数分别为620、527 cfu/m³, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。站台、站厅其他检测项目差异亦无统计学意义($P > 0.05$)。[结论] 西安市地铁2号线空调系统细菌水平尚可, 存在一定程度的真菌污染。建议相关部门加强对地铁站空调系统的监测工作。

关键词: 地铁站; 集中空调系统; 微生物污染

Microbial Contamination in Pre-Operational Central Air Conditioning Systems of Metro Line 2 in Xi'an LIU Ping, ZHANG Feng, MA Jin-long, WU Xiao-yan, LIU Xin-miao (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 collect the background data of microbial contamination of the air conditioning systems of metro line 2 before operation for future monitoring. [Methods] The central air conditioning systems of 16 metro stations were monitored for 3 consecutive days, twice a day, morning and afternoon. The monitoring indicators included total bacterial count, β -hemolytic streptococcus, and total fungi on the inner surface of duct and in wind duct, as well as Legionella pneumophila in cooling and condensate water. [Results] The qualification rates on the inner surface of duct and in wind duct were 44.7% and 59.4% for the total fungi, and 100.0% and 96.6% for the total bacterial count, respectively. No β -hemolytic streptococcus was detected. Of the 32 samples of cooling water and condensate water detected, the positive rate of Legionella pneumophila were 28.1% and 0%, respectively ($P < 0.05$). The mean of total fungi in wind duct of station concourses and platforms were 413 cfu/m³ and 625 cfu/m³, respectively ($P < 0.01$), and those on the inner surface of duct were 620 cfu/m³ and 527 cfu/m³, respectively ($P < 0.01$). There were no statistical differences in other indicators between platforms and concourses ($P > 0.05$). [Conclusion] The bacteria levels in central air conditioning systems of metro line 2 in Xi'an are well within the accepted limits, but fungi contamination is found. It is suggested that related departments strengthen surveillance on the air conditioning systems of metro stations.

Key Words: metro station; central air conditioning system; microbial contamination

随着社会的发展和人们生活水平的日益提高, 地铁已成为人们日常生活中常用的重要交通工具。地铁的站厅、站台大多在地下1~2层甚至3层, 人流量较大, 环境相对密闭, 空气的流通主要依靠集中空调通风系统, 空调系统的微生物污染状况值得关注。我国广州^[1-2]、深圳^[3]、上海三地对地铁环境卫生的调查较多, 但研究内容多为地铁站空气中微生物污染状况、空气污染物及微小气候, 对空调系统的微生物污染状况, 尤其是空调系统风管内表面的微生物污染研究较少。本调查着眼于空调系统风管内表面、空调送风中的微生物指标及冷却水、冷凝

水的嗜肺军团菌污染情况, 为新地铁线运营前的环境监测提供基线数据及客观依据。拟在地铁运营前, 对西安市地铁2号线的16个站点站台、站厅的空调系统微生物污染情况进行调查, 本文报道该调查结果。

1 材料与方法

1.1 检测对象

2011年9月, 西安市地铁2号线17个站点将开始运营。本项目于2011年7—8月, 选择上述站点中的16个作为检测对象, 对其中的集中空调送风系统的卫生状况进行调查。

1.2 检测项目

检测项目为集中空调系统送风中菌落总数、真菌总数、 β -溶血性链球菌; 风管内表面积尘量、菌落总数、真菌总数及

[作者简介] 刘萍(1982—), 女, 硕士, 医师; 研究方向: 环境监测;

E-mail: pingliu82@163.com

[作者单位] 西安市疾病预防控制中心, 陕西 710054

β-溶血性链球菌；空调系统冷却水、冷凝水的嗜肺军团菌。

1.3 采样及检测方法

采样点：依据《公共场所卫生监测技术规范》(GB/T 17220—1998)^[4]，采用梅花布点法，站台、站厅各布 5 点，每天上、下午各监测 1 次，连续监测 3 d。空调送风采样：站台、站厅分别设置 5 个距送风口下方 15~20 cm 处的采样点。以无菌操作使用 Quick Take™30 六级筛孔撞击式采样器采样，空气流量为 28.3 L/min，采样时间 5 min。菌落总数用普通营养琼脂平板采样；β-溶血性链球菌用血平板采样；真菌用沙氏琼脂平板采样。积尘量采样：站厅、站台各采 5 个送风口、5 个回风口。采用 5 cm×5 cm 无菌无纺布擦拭风管内表面，采样面积为 50 cm²。冷却水、冷凝水采样：使用 500 mL 无菌消毒瓶，瓶内无硫代硫酸钠。以此瓶在冷却塔出水口处及空调系统冷凝水排放处接水。

检测方法：依据《公共场所集中空调通风系统卫生规范》^[5]进行检测。(1)将采集细菌后的营养琼脂平皿置 37℃ 培养 48 h，计算菌落数：送风中菌落总数=[六级采样平板上的菌落总数(cfu)/28.3(L/min)×采样时间(min)]×1 000。(2)送风中的真菌总数检测为 28℃ 培养 5 d，送风中的总 β-溶血性链球菌检测为 37℃ 培养 48 h，计算公式同(1)。(3)风管内表面菌落总数：将采集的积尘样品的无纺布加入到 100 mL 0.01% Tween-80 水溶液中，做梯级稀释，取适宜稀释度 1 mL 接种平皿倾注营养琼脂，37℃ 培养 48 h。计算公式：风管内表面细菌总数=[平皿菌落数×稀释倍数]/50。(4)风管内表面真菌总数、β-溶血性链球菌检测及计算方法同(3)。

1.4 评价依据

依据《公共场所集中空调通风系统卫生规范》^[5]进行评价。

1.5 统计分析

采用 EpiData 3.0 建立数据库录入数据，SPSS 13.0 分析数据。采用 *t* 检验比较风管内表面的积尘量、菌落总数、真菌总数、送风中的菌落总数、真菌总数的均数在站台、站厅的差异；采用卡方检验比较空调系统冷却水、冷凝水嗜肺军团菌的阳性率。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 风管内表面及空调送风中的微生物指标检测结果

空调系统风管内表面真菌总数及空调送风口真菌总数合格率较低，分别为 44.7%、59.4%；风管内表面及空调送风中的菌落总数合格率分别为 100.0%、96.9%；风管内表面菌落总数、风管内表面 β-溶血性链球菌、送风中 β-溶血性链球菌的合格率均为 100%，见表 1。

表 1 风管内表面及空调送风口微生物指标检测结果

检测项目	检出范围	均值	标准值	检测 点数	合格 点数	合格率 (%)
风管内表面积尘量(g/m ²)	0.36~34.6	7.14	≤ 20	320	309	96.6
风管内表面菌落总数(cfu/cm ²)	0~78	9	≤ 100	320	320	100.0
风管内表面真菌总数(cfu/cm ²)	0~9 300	574	≤ 100	320	143	44.7
风管内表面 β-溶血性链球菌	未检出	—	不得检出	160	160	100.0
送风口菌落总数(cfu/m ³)	0~830	133	≤ 500	160	155	96.9
送风口真菌总数(cfu/m ³)	57~3 100	520	≤ 500	160	95	59.4
送风口 β-溶血性链球菌	未检出	—	不得检出	160	160	100.0

2.2 空调系统冷却水、冷凝水嗜肺军团菌的检测结果

空调系统冷却水、冷凝水各 32 份，嗜肺军团菌阳性率分别为 28.1%、0，差异有统计学意义($\chi^2=8.275$, $P<0.05$)。

2.3 站台、站厅检测结果

送风中站台、站厅真菌总数差异有统计学意义($P<0.01$)；其他检测项目，站台、站厅差异均无统计学意义，见表 2。

表 2 站厅、站台检测结果比较

检测项目	站厅		站台		<i>t</i>	<i>P</i>
	检测 点数	均值	检测 点数	均值		
风管内表面积尘量(g/m ²)	160	7.42	160	6.85	0.914	0.361
风管内表面菌落总数(cfu/cm ²)	160	8	160	9	-0.414	0.679
风管内表面真菌总数(cfu/cm ²)	160	620	160	527	0.679	0.519
送风口菌落总数(cfu/m ³)	80	144	80	122	1.047	0.297
送风口真菌总数(cfu/m ³)	80	413	80	625	-3.23	0.002

3 讨论

如今，地铁已逐渐成为我国大陆大中城市的重要交通工具，其客流量较大，且是地下建筑物，站厅、站台层公共区间内外的气体交换和空气处理全依靠集中空调通风排气系统，空调系统的卫生状况显得尤为重要。张然等^[3]对深圳市地铁 1 号线运营前空气中和空调系统微生物污染情况的研究结果显示，空调送风处菌落总数、真菌总数、β-溶血性链球菌合格率分别为 43%、47%、97%，风管内表面的菌落总数、真菌总数、β-溶血性链球菌合格率全为 100%。本次调查，送风处菌落总数、真菌总数、β-溶血性链球菌合格率分别为 96.9%、59.4%、100.0%；风管内表面的菌落总数、真菌总数、β-溶血性链球菌合格率分别为 100.0%、44.7%、100.0%。与上述文献研究相比，本研究空调送风及风管内表面的菌落总数及 β-溶血性链球菌的合格率较高，说明空调系统细菌水平尚可。但上述文献中及本研究的真菌合格率却均较低。另有研究表明，旧地铁站台细菌数远比新站台高，而真菌数却明显比新站台低^[6]。真菌总数合格率较低，可能由于地铁站新开通，空调系统装好至开启搁置时间较长，又适逢夏季地下恒温高湿，容易孳生真菌。在公共场所中由于 β-溶血性链球菌的数量较少，因此不易检出。建议在地铁开启前，对空调系统的新风机组设备及过滤网进行清洗、除菌。

冷却塔的循环水(含无机盐，有机物和微生物)为嗜肺军团菌提供了理想的生存环境，冷却水被污染后，通过空调机入口，门窗和通风管被抽入室内形成气溶胶，人体可能经呼吸道吸入而被感染^[7]。西安市地铁 2 号线尚未正式运营，检测当时只是试运行阶段，集中空调冷却塔刚刚开启，冷却水中嗜肺军团菌的阳性率就达到 28.1%。冯文如等^[8]对冷却塔水军团菌影响因素分析的研究表明，冷却水的温度对军团菌的阳性率有影响，温度 20~40℃ 军团菌适宜生长，水温每增加 1℃，军团菌阳性危险增加 1.288 倍。还有研究显示 7—9 月份军团菌的检出率最高^[9]。本次调查主要在 7—8 月份，气温较高，军团菌容易孳生，可能使得阳性率较高。建议相关部门对冷却水实行跟踪监测，并且采取清洗、投放消毒剂、消毒杀菌等方法控制污染。

有研究表明，由于人类活动，内外环境因素等综合作用，

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, 刘翔翊, 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质量管理[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!