

· 卫生监控 ·

西安地铁中央空调卫生学项目及新风量状况分析

费勇山 马金龙 刘 萍 张永茹 吴小燕 刘心苗 李翠云 赵国栋 张 峰[△]

(西安市疾病预防控制中心 陕西 西安 710054)

摘要 目的 监测西安地铁 2 号线车站站内站厅与站台积尘量、细菌总数、真菌总数、PM10、 β -溶血性链球菌、新风量、嗜肺军团菌状况。方法 用普通琼脂培养基和血培养皿分别采集站厅、站台真菌总数、 β -溶血性链球菌；用无纺布采集风管内积尘量；利用智能粉尘检测仪采集 PM10；利用热球式风速仪采集风口风速求平均风速计算新风量；利用 500 mL 无菌瓶采集冷却水和冷凝水检测嗜肺军团菌。结果 除冷却水中检出嗜肺军团菌外，其他各项指标符合国家相关标准，总体上西安地铁站中央空调卫生学项目及新风量状况较好。结论 按照卫生学预评价意见，健全卫生管理制度，完善必要的卫生设施，使运营过程中产生的各种影响乘客健康的因素得到有效控制、减轻或消除，从公共场所卫生学角度评价该项目是可行的。

关键词 积尘量 细菌总数 真菌总数 PM10 β -溶血性链球菌 新风量 嗜肺军团菌

中图分类号 R-332, R322.61 **文献标识码** A **文章编号** 1673-6273(2012)21-4127-04

Analysis on the Status of Hygiene Project and Fresh Air Volume in Central Air Conditioning of Subway in Xi'an

FEI Yong-shan, MA Jin-long, LIU Ping, ZHANG Yong-ru, WU Xiao-yan, LIU Xin-miao, LI Cui-yun, ZHAO Guo-dong, ZHANG Feng[△]
(Xi'an City Center for Disease Control and Prevention, Xi'an Shaanxi 710054, China)

ABSTRACT Objective: To Monitor the status of quantity of dust, total bacterial counts (TBC), total fungi counts, PM10(Paticular Matter), β -hemolytic streptococcus, volume of fresh air and legionella pneumophila in the station hall and platform of Metro Line 2 at Xi'an. **Methods:** Plain agar petri dishes and blood culture dishes were used to collect the total fungi counts and β -hemolytic streptococcus from station hall and platform. The duct amounts were collected by non-woven fabric in air duct system. PM10 was detected by intelligent dust detector. Fresh air volume was calculated based on the average wind speed detected by ball-type thermal anemometer. Cooling water and condensed water was collected by 500 mL sterile bottle so as to determine β -hemolytic streptococcus. **Results:** Except detection of β -hemolytic streptococcus in cooling water, other items are in accordance with national standards. In general, the items of central air conditioning and fresh air volume of Xi'an subways are well. **Conclusion:** According to the opinions of hygienics pre-evaluation, we should improve health management system, and consummate health facilities, so it can control, minimize or eliminate the factors with impact on health of passengers. This project is feasible from the public point of hygiene evaluation.

Key words: The amount of dust; Total bacterial counts; Total fungi counts; PM10; β -hemolytic streptococcus; Fresh air volume; Legionella pneumophila

Chinese Library Classification: R-332, R322.61 Document code: A

Article ID: 1673-6273(2012)21-4127-04

前言

近年来西安随着国际化大都市发展的步伐飞速前进，城市的常住人口和暂住人口急剧上升，给西安的交通运输带来极大的压力 and 需求。为了改善人们的出行条件，及交通结构，西安市政府进行地下轨道交通建设规划，于 2011 年 9 月 18 日正式开通运营。地铁作为城市轨道交通工具在生活中的作用日益加强，是人群活动的重要公共场所，地铁站相对密封，人员密集，构成一种密闭空调环境的微小气候，中央空调系统的卫生学状况和新风量对地铁空气质量起着决定性的作用。对西安开通的

二号线地铁 17 个站点进行了空调送回风管道污染物指标、冷却水和冷凝水的军团菌指标、送回风的空气卫生指标进行了检测，分析西部地铁集中空调通风系统的污染状况。

1 材料与方法

1.1 采样设备

称好重量的无菌无纺布、5×5 cm² 规格板、一次性手套；营养琼脂、血琼脂均在有效期内使用；500 mL 无菌瓶；热球风速仪；智能粉尘检测仪 8520 型；撞击式空气微生物采样器 Quick Take 30 型。

1.2 检测对象及布点

1) 在站台和站厅出风口和回风口各选 5 个代表性的点，每个送风口采集 5 份样品分别做空调系统内表面细菌总数、真菌总数、 β -溶血性链球菌、积尘量和空调通风送风的 PM10、细菌

作者简介 费勇山(1979-),男,主治医师,主要研究方向 环境卫生与毒理学

[△]通讯作者 张峰,电话:029-85529102,E-mail:554751551@qq.com

(收稿日期 2012-01-30 接受日期 2012-02-27)

总数、真菌总数、 β -溶血性链球菌检测。

2) 在每组空调机组冷却水和冷凝水进行取样检测嗜肺军团菌,测量每组空调机组新风主管道的风速计算新风量。

1.3 采样方法

1) 在集中空调通风系统正常运转条件下 1 h 以上,尽量减少人员活动幅度与频率,采样点设在距送风口下风方向 15-20 cm 处。以无菌操作,使用 6 级筛孔空气撞击式采样器,以空气流量为 28.3 L/min,在采样点采集 5 min。

2) 用擦拭法以无菌操作,用无菌无纺布和 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 规格板采取风管的内表面 100 cm^2 的积尘。

3) 以无菌操作用无菌瓶采集空调机组的冷却水和冷凝水;用热球式风速仪测量空调机组新风入口的风速并测量新风口的面积。

1.4 检验及评价方法

依据《公共场所集中空调通风系统卫生规范》卫监督发[2006] 58 号文,对集中空调通风系统送风的卫生指标进行卫生学评价。空调通风系统风管内表面的卫生要求^[1-3],积尘量 $\leq 20 \text{ g/m}^2$ 、细菌总数 $\leq 100 \text{ cfu/cm}^2$ 、真菌总数 $\leq 100 \text{ cfu/cm}^2$ 、致病微生物不得检出;空调通风送风^[4] $\text{PM}_{10} \leq 0.08 \text{ mg/m}^3$ 、细菌总数 $\leq 500 \text{ cfu/m}^3$ 、真菌总数 $\leq 500 \text{ cfu/m}^3$ 、 β -溶血性链球菌不得检出。集中空调通风系统冷却水、冷凝水中不得检出嗜肺军团菌。依据《地下铁道设计规范》(GB 50157-2003)之规定,每个乘

客每小时需供应的新鲜空气量不应少于 12.6 m^3 ,且系统的新风量不应少于总送风量的 10 %。

2 结果

空调系统风管内表面细菌总数、 β -溶血性链球菌监测指标的监测结果均符合卫生标准的要求,积尘量合格率 98.48 %,真菌总数合格率 66.67 %。空调送风系统细菌总数、 β -溶血性链球菌、空调系统新风量监测指标的监测结果符合相关标准的要求;可吸入颗粒物合格率 87.89 %,真菌总数合格率 66.67 %。空调系统冷却水检出率 30 %、冷凝水中嗜肺军团菌结果均符合卫生标准的要求;空调系统微生物污染、新风量、积尘量、 PM_{10} 结果:空调系统风管内表面,积尘量送风管合格率 100 %,回风管合格率 96.97 %,总合格率 98.48 %;细菌总数送风管与回风管合格率 100 %, β -溶血性链球菌送风管与回风管合格率 100 %,真菌总数送风管合格率 69.70 %,回风管合格率 63.64 %,总合格率 66.67 %。冷凝水中嗜肺军团菌合格率 100 %,冷却水中嗜肺军团菌合格率 70 %。送风系统可吸入颗粒物站台合格率 88.24 %,站厅合格率 87.50 %,总合格率 87.89 %,送风系统细菌总数合格率 100 %,送风系统 β -溶血性链球菌合格率 100 %,送风系统真菌总数站台合格率 35.29 %,站厅合格率 68.75 %,总合格率 51.52 %。各站的新风量均符合《地下铁道设计规范》(GB 50157-2003)之规定。如下表 1、2、3、4。

Table 1 The health consequences of air conditioning ducts in the inner surface of air distribution system

Stops	Bacteria total (cfu/m ²)		Fungi total (cfu/m ²)		β -hemolytic streptococcus (cfu/m ²)		Dust quantity (g/m ²)	
	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform
1	-	14	-	63	-	0	-	17.7
2	3	4	10	92	0	0	10.22	10.22
3	0	2	1	3	0	0	9.19	11.28
4	8	34	2.6×10^2	3.6×10^2	0	0	3.93	6.13
5	7	12	8.2×10^2	3.1×10^3	0	0	7.05	15.16
6	5	2	6	7	0	0	8.72	2.20
7	10	4	2.8×10^2	6.6×10^2	0	0	7.50	10.36
8	4	12	3.2×10^2	1.8×10^2	0	0	13.1	8.68
9	4	1	28	70	0	0	13.61	14.08
10	4	4	1.6×10^2	73	0	0	2.57	4.32
11	8	4	2.3×10^2	71	0	0	8.10	6.14
12	5	5	38	45	0	0	1.56	1.39
13	8	7	42	66	0	0	4.88	6.78
14	17	22	1.2×10^2	6.4×10^3	0	0	7.56	8.61
15	16	7	6.1×10^2	3.1×10^2	0	0	8.04	5.73
16	6	2	4.4×10^2	1.4×10^2	0	0	7.71	1.50
17	13	7	3.9×10^2	5.4×10^2	0	0	5.90	1.79

3 讨论

西安市地铁 2 号线主要卫生设施等方面的设计总体上要求符合卫生学原则。该项目建成运营后可能产生的主要健康影响因素有空调系统冷却水中嗜肺军团菌。众所周知,空调系统

中冷却塔是唯一与外界相通的部件,一旦冷却塔水中污染大量军团菌^[5-10],则可通过气溶胶形式播散至周围空气中造成环境污染。同时空调系统中冷却管道也因此可含有军团菌。本研究中西安地铁站中央卫生学项目及新风量状况较好。

Table 2 The health consequences of air conditioning return in the inner surface of air duct system

Stops	Bacteria total (cfu/m ²)		Fungi total (cfu/m ²)		β -hemolytic streptococcus (cfu/m ²)		Dust quantity (g/m ²)	
	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform
1	-	2	-	4	-	0	-	5.52
2	18	2	15	4.5×10^2	0	0	15.63	15.63
3	2	2	1	14	0	0	3.08	6.50
4	8	15	4.2×10^3	3.3×10^2	0	0	6.26	7.22
5	16	8	2.6×10^3	1.4×10^3	0	0	15.16	21.48
6	11	2	10	1	0	0	3.01	2.10
7	17	14	4.8×10^2	1.2×10^2	0	0	9.46	12.36
8	6	15	5.1×10^2	4.7×10^2	0	0	7.54	6.67
9	3	4	48	37	0	0	8.88	17.54
10	6	4	1.0×10^2	96	0	0	3.36	2.49
11	8	18	1.4×10^2	45	0	0	6.92	6.25
12	4	2	30	33	0	0	1.44	1.27
13	12	5	1.5×10^2	14	0	0	4.87	6.78
14	18	18	1.1×10^3	3.2×10^3	0	0	8.84	9.89
15	11	30	5.1×10^2	4.9×10^2	0	0	10.53	8.21
16	9	14	2.8×10^2	3.5×10^2	0	0	3.25	4.07
17	4	6	5.9×10^2	4.5×10^2	0	0	9.53	1.58

Table 3 Results of fresh air volume in air conditioning ventilation

Stops	PM10 (mg/m ³)		Bacteria total (cfu/m ³)		Fungi total (cfu/m ³)		β -hemolytic streptococcus (cfu/m ³)		The volume of fresh air (m ³ /人·h)
	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	Stand hall	Platform	
1	-	0.0552	-	1.0×10^2	-	3.6×10^2	-	0	73.9
2	0.0554	0.0498	2.4×10^2	2.1×10^2	3.5×10^2	1.4×10^3	0	0	399.1
3	0.0706	0.0706	59	1.1×10^2	1.6×10^2	3.1×10^2	0	0	303.4
4	0.0448	0.0364	1.6×10^2	87	3.4×10^2	5.6×10^2	0	0	371.5
5	0.0388	0.033	32	61	3.2×10^2	7.0×10^2	0	0	312.4
6	0.041	0.04	1.5×10^2	1.6×10^2	6.0×10^2	1.3×10^3	0	0	21.4
7	0.073	0.0648	2.8×10^2	2.3×10^2	2.9×10^2	7.3×10^2	0	0	571.2
8	0.0626	0.0676	50	64	3.1×10^2	78	0	0	186.9
9	0.0448	0.0464	76	82	1.9×10^2	3.3×10^2	0	0	27.0
10	0.063	0.0588	1.3×10^2	2.1×10^2	6.7×10^2	6.1×10^2	0	0	230.4
11	0.235	0.2038	1.0×10^2	1.4×10^2	7.0×10^2	1.4×10^3	0	0	18.6
12	0.029	0.0278	1.7×10^2	1.1×10^2	2.8×10^2	6.2×10^2	0	0	182.0
13	0.18	0.1526	81	1.2×10^2	9.1×10^2	8.6×10^2	0	0	42.8
14	0.0768	0.0778	53	83	5.6×10^2	5.5×10^2	0	0	22.2
15	0.0262	0.0258	5.1×10^2	1.2×10^2	3.5×10^2	5.4×10^2	0	0	14.0
	0.0254	0.031	1.4×10^2	78	2.2×10^2	1.4×10^2	0	0	26.8
	0.0578	0.0476	59	76	2.3×10^2	1.5×10^2	0	0	17.4

Table 4 Result of determination β -hemolytic streptococcus in the condensed water and cooling water of air conditioning system

Items	Detection points	Overweight points	Qualified rate
Lung corps bacteria in Cooling water	30	9	70%
Lung corps bacteria in the condensed water	30	0	100%

地铁新风量是根据相关部门所给的预期最大人流量,以及各站的最大总新风量计算出来的。个别站点由于受到条件的限制新风量虽然符合《地下铁道设计规范》(GB 50157-2003)的规定,但人流量如果比预期的高,新风量就很可能不符合标准,对地铁工作人员建议:(1)经常开动隧道通风系统进行隧道与外界气体交换;(2)加大地铁列车车辆新风量,在空调季节必须保证车辆新风量^[15]达 20 m³/h·人以上,非空调季节车辆通风系统进行全新风运行。按照卫生学预评价意见,健全卫生管理制度,完善必要的卫生设施,使运营过程中产生的各种影响乘客健康的因素得到有效控制、减轻或消除,从公共场所卫生学角度评价该项目是可行的。

参考文献 (References)

- [1] GB/T 18204 -2000. 公共场所卫生标准检测方法[S].
GB / T 18204 -2000. Public places, health standards inspection side of the method [S].
- [2] GB 18883 -2002. 室内空气质量卫生标准[S].
GB 18883 -2002. Indoor air quality health standards[S].
- [3] GB 9673-1996. 公共交通工具卫生标准[S].
GB 9673-1996. Public transport, health standards[S].
- [4] 卫生部法监司. 公共场所集中空调通风系统卫生规范[S].2003
Ministry of Health Act Monitoring Division. Public places, central air conditioning ventilation system hygiene practices [S]. 2003
- [5] 朱佩云, 陈悦, 沈鼓民, 等. 上街部分地铁站空两冷却塔水军团菌污染状况调查[J]. 环境与职业医学, 2002, 19(5): 313-314
Zhu Pei-yun, Chen Yue, Shen Gu-Min, et al. To the streets empty subway station some two Legionella pollution in cooling tower water survey [J]. Ring soul and Occupational Medicine, 2002,19 (5): 313-314
- [6] 郭常义, 苏瑾, 阮素云, 等. 空调冷却塔水军团菌微生态环境与繁殖传播研究[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(5): 546-549
Guo Chang-yi, Su Jin, Ruan Su-yun, et al. Air-conditioning cooling tower water Legionella transmission and reproduction of micro-ecological environment [J]. Chinese Public Health, 2004,20 (5): 546-549
- [7] 王绍鑫. 空调系统军团菌对环境的污染及控制措施[J]. 上海预防医学杂志, 2002, 14(2): 85-86
Wang Shao-xin. Legionella air-conditioning systems, and environmental pollution control measures [J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2002,14 (2): 85-86
- [8] 陈悦. 上海地区军团菌感染和环境污染状况调查[J]. 上海预防医学杂志, 2000, 12(7): 306-307
Chen Yue. Legionella infection in Shanghai and environmental pollution investigation [J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2000, 12 (7): 306-307
- [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[J]. 调查环境与职业医学 2002, 19(5): 314
Zhu Pei-yun, Chen Yue, Shen Jian-min, et al. Part of the subway station air-conditioning in Shanghai cooling tower water survey Legionella contamination [J]. Environmental and Occupational Medicine 2002,19 (5): 314
- [10] 江思力, 冯文如, 何晖, 等. 广州市部分地铁站空调冷却塔水军团菌污染状况调查[J]. 热带医学杂志, 2005, 5(3): 321-323
Jiang Si-Li, Feng Wen-ru, He Hui, et al. Part of guangzhou subway station air conditioning cooling tower water Legionella contamination survey [J]. Journal of Tropical Medicine, 2005,5 (3): 321-323
- [11] 唐漪灵, 朱献忠, 严惠琴, 等. 上海地铁站空气微生物污染情况调查[J]. 中国卫生检验杂志, 1999, 9(4): 291-293
Tang Yi-ling, Zhu Xian-zhong, Yan Hui-qin, et al. Shanghai subway station survey of microbial contamination of air [J]. Chinese health inspection, 1999,9 (4): 291-293
- [12] 郁庆福, 杨均培. 卫生微生物学[M]. 北京: 高等医药院校教材, 1984
Yu Qing-fu, Yang Pei-jun. Health Microbiology [M]. Beijing: Medical Colleges teaching, 1984
- [13] Keller Bw, Hajjeh R, Maria AD, et al. Community outbreak of legionnaires' disease; an investigation confirming the potential for cooling toner haring Legionella species[J]. Clin Infect Dis, 1996,22:257-261
- [14] Edelstein PH, Meyer RD. Community outbreak of Legionnaires' disease[J]. Chest, 1998,85:114-120
- [15] 张秀佩, 周惟符, 李妙英, 等. 全列空调客车乘务员健康状况调查[J]. 工业卫生与职业病, 2001, 27(5): 293-294
Zhang Xiu-pei, Zhou Wei-fu, Li Miao-ying, et al. All out air-conditioned bus attendant health survey [J]. Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2001, 27 (5): 293-294
- [16] Bauling A, Sourdevval M, Meyer M, et al. Biological effects of atmospheric particles on human bronchial epithelial cells: comparison with diesel exhaust particles[J]. Toxicology in vitro, 2003,17:567-573
- [17] Obot CJ, Morandi MT, Beebe TP, et al. Surface components of airborne particulate matter induce macrophage apoptosis through scavenger receptors[J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 2002,184: 98-106