

空调列车通风系统卫生学评价

张贵生

摘要: [目的] 调查空调列车通风系统污染状况, 为开展疾病预防工作提供科学依据及合理建议。[方法] 2011 年 4 月至 6 月, 选取空调列车具有代表性的 3 个车型 (25G、25T 和 CRH-5), 每个车型分硬座、硬卧、软卧、餐车 4 个监测点进行监测, 监测送风系统的温度、湿度、可吸入颗粒物 (PM₁₀)、新风量、空气细菌总数、真菌总数、β-溶血性链球菌指标, 同时监测风管内表面积尘量、积尘细菌总数、真菌总数指标和冷凝水嗜肺军团菌指标。[结果] 25G 型、25T 型空调列车车顶式单元空调机组通风系统冷凝水中未检出嗜肺军团菌; 3 个车型 (25G、25T 和 CRH-5) 空调列车车顶式单元空调机组通风系统新风量分别为 (49.1 ± 10.3)、(41.5 ± 18.1)、(52.4 ± 12.3) m³/(h · 人), 送风中相对湿度分别为 (40.1 ± 1.5)%、(29.4 ± 7.3)%、(42.1 ± 4.5)%, 细菌总数分别为 (603.7 ± 124.0)、(643.3 ± 331.3)、(256.5 ± 67.7) cfu/m³, 真菌总数分别为 (148.7 ± 39.7)、(216.8 ± 227.6)、0.0 cfu/m³, β-溶血性链球菌分别为 (7.3 ± 5.6)、0.0、0.0 cfu/m³; 风管内表面积尘量分别为 (8.5 ± 1.5)、(9.2 ± 8.7)、(5.0 ± 0.5) g/m²。在监测结果中, 相对湿度的差异有统计学意义 ($F=4.6856$, $P=0.0115$), 其余监测指标的差异无统计学意义。[结论] 空调列车通风系统不同程度地存在管道积尘量和送风细菌总数、真菌总数、β-溶血性链球菌的问题, 相关单位应定期及时地对空调列车通风系统进行清洗、消毒, 有条件的单位可安装空气净化装置, 以抑制微生物生长。

关键词: 空调列车通风系统; 积尘量; 细菌总数; 真菌总数; β-溶血性链球菌; 嗜肺军团菌; 新风量; 可吸入颗粒物

Hygienic Evaluation of Air Ventilation System in Air-Conditioned Carriages ZHANG Gui-sheng (Taiyuan Railway Center for Disease Control and Prevention, Taiyuan, Shanxi 030013, China) • The author declares he has no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To collect evidences of air ventilation system pollution of air-conditioned carriages and to provide scientific basis and reasonable proposals for disease prevention. [Methods] Three models of representative air-conditioned carriages (25G, 25T and CRH-5) were selected, and each was monitored at 4 sampling points including hard seat, hard berth, soft berth and dining-car in April, May and June of 2011. The monitoring indices of air supply system included temperature, humidity, inhalable particles (PM₁₀), air exchange flow and the total colony forming units (CFU) of bacteria, fungi and β-type hemolytic streptococcus. The monitoring indices of air ventilation ducts included the amount of dust particles and the total CFU of bacteria and fungi. The monitoring index of condensed water was *Legionella pneumophila*. [Results] No *Legionella pneumophila* was found in the condensed water of air ventilation system of 25G and 25T carriages. The average air exchange flow of 25G, 25T and CRH-5 carriages were (49.1 ± 10.3), (41.5 ± 18.1) and (52.4 ± 12.3) m³/(h · p) respectively. In the air supply system, the average humidity were (40.1 ± 1.5)%, (29.4 ± 7.3)% and (42.1 ± 4.5)% respectively; the average CFU of bacteria were (603.7 ± 124.0), (643.3 ± 331.3) and (256.5 ± 67.7) cfu/m³ respectively; the average CFU of fungi were (148.7 ± 39.7), (216.8 ± 227.6) and 0.0 cfu/m³ respectively; the average CFU of β-type hemolytic streptococcus were (7.3 ± 5.6), 0.0 and 0.0 cfu/m³ respectively. In the air ventilation duct, the average amount of dust particles were (8.5 ± 1.5), (9.2 ± 8.7) and (5.0 ± 0.5) g/m² respectively. There was a significant difference in humidity among selected models ($F=4.6856$, $P=0.0115$), but no significant difference was found in other monitoring indices. [Conclusion] The problems of the amount of dust particles in air ventilation ducts and the total CFU of bacteria, fungi and β-type hemolytic streptococcus in air supply system of selected models exist in varying degrees. Regular cleaning and disinfection, and air purifier installment if allowed, should be undertaken to control microbes from growing in the air ventilation system of air-conditioned carriages.

Key Words: air ventilation system of air-conditioned carriage; amount of dust particles; total bacterial count; total fungal count; β-type hemolytic streptococcus; *Legionella pneumophila*; air exchange flow; inhalable particles

[作者简介] 张贵生 (1967—), 男, 本科, 主任技师; 研究方向: 卫生监测; E-mail: zhgsh6725@163.com

[作者单位] 太原铁路局疾病预防控制中心, 山西 太原 030013

根据“铁劳卫[2011]33号《加强铁路公共场所集中空调通风系统卫生管理工作的意见》”文件的要求, 为预防空调旅客列车空调通风系统传播传染病, 保障广大旅客和列车乘务人

员的健康,本研究拟对空调列车车厢空气、空调管道和空调冷凝水微生物指标进行相关调查和卫生学评价。

1 对象和方法

1.1 研究对象

某铁路局现配有 977 辆空调列车,主要车型为 25G、25T 及 CRH-5 型动车组,空调列车采用车顶式单元空调机组,空调机组按照全新风运行模式运行。依据《公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范》^[1]规定,随机抽取该局所属的 10% 的空调列车,即 90 辆 25G 型空调列车、4 辆 25T 型空调列车、4 辆 CRH-5 型动车组,共计 98 辆空调列车作为研究对象。

1.2 研究方法

1.2.1 监测方法 2011 年 4 月至 6 月,在待抽检的空调列车终到后,及时采集该空调列车送风系统微生物样品、冷凝水和管道中积尘样品,及时将相关样品送实验室检测,同时现场测定该空调列车通风系统的新风量、可吸入颗粒物(PM_{10})、温度、相对湿度指标。

1.2.2 监测布点 依据《公共场所卫生监测技术规范》^[2],抽取 25G、25T 及 CRH-5 型动车组 3 种车型空调列车,每种车型设置硬座、硬卧、软卧、餐车 4 个监测点进行现场监测及采样。

1.2.3 监测项目 空调列车通风系统新风量、温度、相对湿度;空调列车送风系统 PM_{10} 、细菌总数、真菌总数、 β -溶血性链球菌;风管内表面积尘量、积尘细菌总数和真菌总数;冷凝水嗜肺军团菌。

1.2.4 质量控制 空调列车通风系统卫生监测所使用仪器均经

检定合格,卫生监测人员均经培训考核合格,监测方法依据《公共场所卫生监测技术规范》^[2]、《GB/T 18204.13—2000 公共场所空气温度测定方法》^[3]、《GB/T 18204.14—2000 公共场所空气湿度测定方法》^[4]及《公共场所集中空调通风系统卫生规范》^[5]附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 H、附录 I。

1.2.5 评价标准 以《TB/T 1932—2009 旅客列车卫生及监测技术规定》^[6]、《GB 9673—1996 公共交通工具卫生标准》^[7]、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》^[5]、《公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范》^[1]为评价标准。

1.3 统计学方法

采用 Microsoft Excel 数据分析工具,以单因素方差分析对监测数据进行统计学分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 25G 型空调列车

该车型车顶式单元空调机组通风系统冷凝水中未检出嗜肺军团菌;新风量为 $(49.1 \pm 10.3) m^3/(h \cdot 人)$;送风中 PM_{10} 为 $(0.108 \pm 0.024) mg/m^3$,细菌总数为 $(603.7 \pm 124.0) cfu/m^3$,真菌总数为 $(148.7 \pm 39.7) cfu/m^3$, β -溶血性链球菌为 $(7.3 \pm 5.6) cfu/m^3$ (检出率为 10%);风管内表面积尘量为 $(8.5 \pm 1.5) g/m^2$ 。该车型车顶式单元空调机组通风系统 PM_{10} 、细菌总数、 β -溶血性链球菌不符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定,其余项目监测结果符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定,见表 1。

表 1 25G 型空调列车车顶式单元空调机组通风系统卫生监测结果

监测项目		标准限值	硬座监测点	硬卧监测点	软卧监测点	餐车监测点	合计	F	P
冷凝水	嗜肺军团菌	不得检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	—	—
新风	新风量 [$m^3/(h \cdot 人)$]	≥ 20	33.7 ± 4.4	42.6 ± 4.9	75.5 ± 47.9	62.5 ± 28.8	49.1 ± 10.3	3.5544	0.0177
	温度 ($^{\circ}C$)	冬季 18~20 夏季 24~28	21.2 ± 0.6	22.4 ± 0.7	21.9 ± 0.9	22.7 ± 1.3	21.9 ± 0.4	2.5937	0.0578
	湿度 (%)	40~70	39.6 ± 2.6	41.1 ± 3.0	40.5 ± 3.7	39.3 ± 3.9	40.1 ± 1.5	0.2894	0.8329
	PM_{10} (mg/m^3)	≤ 0.08	0.077 ± 0.024	0.140 ± 0.070	0.095 ± 0.039	0.151 ± 0.090	0.108 ± 0.020	2.3613	0.0822
送风	细菌总数 (cfu/m^3)	≤ 500	425.9 ± 131.0	437.9 ± 169.1	820.4 ± 342.1	988.8 ± 460.2	603.7 ± 124.0	5.3080	0.0021
	真菌总数 (cfu/m^3)	≤ 500	145.7 ± 80.5	137.9 ± 81.6	158.2 ± 86.8	161.3 ± 65.1	148.7 ± 39.7	0.0643	0.9786
	β -溶血性链球菌 (cfu/m^3)	不得检出	2.0 ± 2.9	1.1 ± 2.3	17.2 ± 23.8	16.6 ± 20.6	7.3 ± 5.6	2.3499	0.0780
	积尘量 (g/m^2)	≤ 20	8.1 ± 2.6	6.1 ± 2.2	11.5 ± 5.1	9.8 ± 2.8	8.5 ± 1.5	2.1451	0.1004
风管内表面	细菌总数 (cfu/m^2)	≤ 100	10.7 ± 4.9	17.7 ± 12.2	7.4 ± 4.9	12.3 ± 5.4	12.2 ± 3.8	1.1974	0.3157
	真菌总数 (cfu/m^2)	≤ 100	3.8 ± 2.3	7.1 ± 3.6	4.8 ± 4.7	5.0 ± 2.6	5.1 ± 1.5	0.9332	0.4283

2.2 25T 型空调列车

该车型车顶式单元空调机组通风系统冷凝水中未检出嗜肺军团菌;新风量为 $(41.5 \pm 18.1) m^3/(h \cdot 人)$;送风中细菌总数为 $(643.3 \pm 331.3) cfu/m^3$,真菌总数为 $(216.8 \pm 227.6) cfu/m^3$,未检出 β -溶血性链球菌;风管内表面积尘量为 $(9.2 \pm 8.7) g/m^2$ 。该车型车顶式单元空调机组通风系统送风中细菌总数不符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定,其余项目监测结果符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定,见表 2。

2.3 CRH-5 型动车组

该车型车顶式单元空调机组通风系统新风量为 $(52.4 \pm 12.3) m^3/(h \cdot 人)$;送风中细菌总数为 $(256.5 \pm 67.7) cfu/m^3$,真菌总数为 $0.0 cfu/m^3$,未检出 β -溶血性链球菌;风管内表面积尘量为 $(5.0 \pm 0.5) g/m^2$ 。该车型车顶式单元空调机组通风系统相关指标监测结果均符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定,见表 2。

2.4 总体情况

在不同车型(25G、25T 和 CRH-5)空调机组通风系统相关指

标的监测中, 主要指标新风量均值为 $(48.9 \pm 9.4) \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$; 送风中 PM_{10} 均值为 $(0.104 \pm 0.020) \text{ mg/m}^3$, 细菌总数均值为 $(591.1 \pm 114.8) \text{ cfu/m}^3$, 真菌总数均值为 $(145.4 \pm 37.3) \text{ cfu/m}^3$, β -溶血性链球菌均值为 $(6.7 \pm 5.2) \text{ cfu/m}^3$; 风管内表面积尘量均值为 $(8.4 \pm 1.4) \text{ g/m}^2$ 。本次监测的车顶式单元空调机组通风

系统送风中细菌总数、 PM_{10} 、 β -溶血性链球菌不符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定, 其余项目监测结果符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》的相关规定, 见表 2。

表 2 空调列车车顶式单元空调机组通风系统卫生监测结果

监测项目		标准限值	25G 车型	25T 车型	CRH-5 车型	合计	F	P
冷凝水	嗜肺军团菌	不得检出	未检出	未检出	未检测	未检出	—	—
新风	新风量 [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$]	≥ 20	49.1 ± 10.3	41.5 ± 18.1	52.4 ± 12.3	48.9 ± 9.4	0.0604	0.9414
	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冬季 18~20 夏季 24~28	21.9 ± 0.4	21.3 ± 7.7	22.8 ± 1.5	21.9 ± 0.4	0.5134	0.6001
	湿度 (%)	40~70	40.1 ± 1.5	29.4 ± 7.3	42.1 ± 4.5	39.8 ± 1.5	4.6856	0.0115
送风	PM_{10} (mg/m^3)	≤ 0.08	0.108 ± 0.020	0.077 ± 0.141	0.08 ± 0.108	0.104 ± 0.020	0.3935	0.6764
	细菌总数 (cfu/m^3)	≤ 500	603.7 ± 124.0	643.3 ± 331.3	256.5 ± 67.7	591.1 ± 114.8	0.7170	0.4908
	真菌总数 (cfu/m^3)	≤ 500	148.7 ± 39.7	216.8 ± 227.6	0	145.4 ± 37.3	1.5446	0.2187
	β -溶血性链球菌 (cfu/m^3)	不得检出	7.3 ± 5.6	0	0	6.7 ± 5.2	0.2840	0.7534
	积尘量 (g/m^2)	≤ 20	8.5 ± 1.5	9.2 ± 8.7	5.0 ± 0.5	8.4 ± 1.4	0.5043	0.6055
风管内表面	细菌总数 (cfu/m^2)	≤ 100	12.2 ± 3.8	18.7 ± 35.9	0.5 ± 1.4	12.0 ± 3.6	1.0851	0.3420
	真菌总数 (cfu/m^2)	≤ 100	5.1 ± 1.5	2.0 ± 2.6	0.1 ± 0.2	4.8 ± 1.4	1.2557	0.2896

3 讨论

25G 型空调列车不同监测点间(硬座、硬卧、软卧、餐车)的新风量测定结果的差异有统计学意义, 软卧新风量最高, 硬座新风量最低, 这可能与不同座别客室核载旅客人数不同及单元空调机组通风系统的新风管网布局不同有关; 不同监测点间(硬座、硬卧、软卧、餐车)送风细菌总数的测定结果差异有统计学意义, 软卧、餐车细菌污染较为严重, 硬座、硬卧细菌污染程度较轻, 这可能与不同座别客室的空气流通状况不同有关; 在其余指标的监测中, 不同监测点间(硬座、硬卧、软卧、餐车)的测定结果差异没有统计学意义。

不同车型空调机组通风系统相对湿度的测定结果间差异有统计学意义, 25G 型、CRH-5 型相对湿度测定结果较为适宜, 符合《TB/T 1932—2009 旅客列车卫生及监测技术规定》、《GB 9673—1996 公共交通工具卫生标准》的相关规定(相对湿度为 40%~70%), 25T 型相对湿度测定结果偏低, 不符合上述相关规定, 这可能与不同车型空调列车空气流通状况不同有关; 其余监测指标测定结果间的差异没有统计学意义。

本研究对空调列车通风管道系统积尘及空调送风口微生物的卫生监测结果显示, 部分空调列车的送风中存在有 β -溶血性链球菌, 虽然本次空调列车通风系统卫生监测中未检出军团菌, 但其存在的危险性不能排除, 因为密闭的空调列车通风系统环境温度、湿度非常适合病原微生物生长, 若空调列车通风系统不及时清洗和消毒, 很可能造成病原微生物, 特别是 β -溶血性链球菌、军团菌的繁殖。

本次空调列车通风系统卫生监测数据表明, 客流量越大, 人员流动越频繁, 车厢空气及空调列车通风系统受到微生物污染的程度也越严重。这可能是由于: ①空调列车通风系统过滤器或风管由于积尘堵塞造成过滤器失效或风管局部死角滞留, 导致通风管道受到病原微生物污染, 病原微生物在温度、湿度适宜的空调列车通风管道中生长繁殖; ②由于空调列车车厢封

闭, 列车震动及人员走动, 将空调列车使用的地毯中存在的大量微生物及灰尘带入空气中, 形成气溶胶, 而为节约能源, 目前空调列车车顶式单元空调机组通风系统, 采用循环利用部分车厢空气的回风设计, 这样就导致受到微生物污染的空气, 通过回风口进入空调列车通风系统, 使空调列车通风系统受到污染。

另外, 本次空调列车通风系统卫生监测数据显示, 部分空调列车通风系统积尘量指标、送风微生物指标不同程度存在问题。

因此建议: ①空调列车通风系统运营管理机构, 要严格落实《公共场所集中空调通风系统卫生管理办法》、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》、《公共场所集中空调通风系统清洗规范》的相关规定, 定期对空调列车通风系统进行全面的清洗、消毒, 有条件的单位可加装空气净化装置, 抑制微生物生长。②空调列车运营管理机构, 要加强空调列车的环境卫生清扫与保洁工作, 定期对空调列车使用的地毯等易滋生、携带大量微生物及灰尘的物品进行全面的清洗、消毒, 有条件的单位可以选用其它易于清洗、消毒的代用品或一次性卫生用品; ③疾病预防控制中心对空调列车通风系统开展定期卫生监测, 加强防病知识的宣传, 督促相关单位定期做好空调列车通风系统的清洗、消毒工作。

(志谢: 参加本次空调列车通风系统卫生监测工作的主要人员为: 任领华、任旭明、范建成、阮清丽、孙丽萍、张铁钢、武建国、宋肖青、李萍、田赓、武满红、仝海英、李雪梅、张丽东、曹保平、赵峰、徐丽丽、师旭琴, 特此感谢!)

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1] 中华人民共和国卫生部. 公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范[EB/OL].[2011-07-19]. <http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/mohwsjdj/s3585/200804/17054.htm>.
[2] 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.

[3]中华人民共和国卫生部.GB/T 18204.13—2000 公共场所空气温度测定方法[S].北京:中国标准出版社,2000.

[4]中华人民共和国卫生部.GB/T 18204.14—2000 公共场所空气湿度测定方法[S].北京:中国标准出版社,2000.

[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].[2011-07-19].http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/

htmlfiles/mohwsjdj/s3585/200804/17054.htm.

[6]中华人民共和国铁道部.TB/T 1932—2009 旅客列车卫生及监测技术规定[S].北京:中国铁道出版社,2009.

[7]中华人民共和国卫生部.GB 9673—1996 公共交通工具卫生标准[S].北京:中国标准出版社,1996.

(收稿日期:2011-07-19)

(英文编审:金克峙;编辑:郭薇薇;校对:徐新春)

(上接第166页)

的清洗,所以中央空调送风的卫生状况令人堪忧。因此,目前公共场所集中空调通风系统卫生学监测是急需加强的卫生管理要素之一。通过及时发现集中空调通风系统污染特征,可有效地提示场所卫生管理层及时开展落实清洗评价工作。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1]彭晓旻,裴红生,黎新宇,等.北京市大饭店空调冷却塔军团菌污染现状及人群感染水平研究[J].中华流行病学杂志,2000,21(4):289-291.

[2]张丽霞,张宝莹,刘凡.公共场所集中空调卫生管理现状及其冷却塔嗜肺军团菌污染状况调查[J].环境与健康杂志,2010,27(3):208-210.

[3]刘胡,邵希凤,韩庆华,等.北京市朝阳区奥运场馆周边宾馆军团菌污染状况调查与防控措施[J].中国卫生检验,2007,17(6):1084,1099.

[4]黄丽红,陈悦,许慧慧.上海某区宾馆冷却水军团菌污染现状调查及其影响因素探讨[J].环境与职业医学,2007,24(5):511-513.

[5]US.EPA. *Legionella*: human health criteria document[R]. Washington, DC: Office of Science and Technology, Office of Water, 1999.

[6]World Health Organization. *Legionella* and the prevention of legionellosis[R]. Geneva: WHO, 2007.

[7]郭常义,苏瑾,阮素云,等.空调冷却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.

[8]周伟杰,肖勇,吴湧兴,等.集中空调冷却塔水嗜肺军团菌影响因素的Logistic回归分析[J].环境与健康杂志,2010,27(6):516-517.

[9]陈健,赵志荣,施明关,等.中央空调冷却塔气溶胶军团菌污染研究[J].环境与健康杂志,2009,26(6):509-511.

(收稿日期:2011-01-27)

(英文编审:金克峙;编辑:洪琪;校对:王晓宇)

【精彩预告】

不同代谢综合征诊断标准在人群中的应用比较

阮晔,李锐,杨群娣,等

研究人员运用国际糖尿病联盟[International Diabetes Federation, IDF(2005)]、美国国家胆固醇教育项目成人治疗组第三次指南[National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III, ATP III(2001)]和中华医学会糖尿病分会[Chinese Diabetes Society, CDS(2004)]诊断标准,分析比较上海市社区人群代谢综合征(metabolic syndrome, MS)的集聚情况。研究者采用分层整群随机抽样方法,在上海35~74岁社区人群中进行横断面调查,共调查7414名个体。结果显示,按照上述3种诊断标准,MS的患病率分别为IDF标准25.75%(21.45%)、ATP III标准19.81%(16.21%)、CDS标准22.23%(17.78%)(括号内为标化率)。在性别分布上,IDF和ATP III标准诊断的患病率均为女性高于男性。城乡间比较,城市患病率高于农村。Kappa检验显示3种诊断标准的符合率较高,其中CDS和ATP III判断的一致性最高(Kappa=0.593)。可见,MS已成为影响上海城乡居民健康的重大公共卫生问题,三种MS诊断标准都可用于上海人群,但每一种MS诊断标准的使用价值仍需进一步研究。

此文将于近期刊出,敬请关注!