

# 江苏省昆山市电影院室内空气及集中空调送风质量

梁晓军<sup>1</sup>, 陆鹏<sup>2</sup>, 耿政祥<sup>1</sup>, 张宏斌<sup>1</sup>, 徐建文<sup>3</sup>, 沈建国<sup>3</sup>

1. 昆山市疾病预防控制中心环境卫生科, 江苏 昆山 215301
2. 昆山市柏庐社区卫生服务中心卫生监督协管科, 江苏 昆山 215301
3. 昆山市卫生监督所公共场所卫生监督科, 江苏 昆山 215301

## 摘要:

**[背景]** 电影院装修使用多种新型材料, 观影时开启集中空调, 密闭门窗, 大量观影人群聚集在一起, 电影院的室内空气污染可能带来健康风险。

**[目的]** 了解江苏省昆山市电影院室内空气及集中空调送风的空气质量。

**[方法]** 2019年9—10月间对昆山市26家电影院室内空气[细菌总数、二氧化碳、一氧化碳、可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、臭氧、总挥发性有机物]、观影眼镜(细菌总数、大肠菌群、金黄色葡萄球菌)、集中空调送风(细菌总数、真菌总数、β-溶血性链球菌、PM<sub>10</sub>)、风管内表面(细菌总数、真菌总数、积尘量)及空调冷却水(嗜肺军团菌)进行检测。依据GB 37488—2019《公共场所卫生指标及限值要求》进行室内空气和眼镜细菌指标评价, 依据WS 394—2012《公共场所集中空调通风系统卫生规范》进行集中空调相关卫生指标评价。

**[结果]** 昆山市26家电影院总体合格率为92.3%(24/26)。不合格指标主要有室内空气中苯(93.6%), 空调送风系统PM<sub>10</sub>(97.1%)、细菌总数(84.1%)和风管内表面细菌总数(98.6%), 其他室内空气、观影眼镜、集中空调送风、风管表面和空调冷却水指标合格率均为100.0%。室内空气中PM<sub>10</sub>与空调送风系统中PM<sub>10</sub>存在相关性( $R^2=0.5373$ )。

**[结论]** 昆山市电影院室内空气及集中空调送风质量总体良好, 但苯存在超标现象, 集中空调送风PM<sub>10</sub>、细菌总数以及风管内表面细菌总数有不同程度超标。应加大集中空调运行的技术指导和监督管理, 进一步提高电影院卫生相关指标的合格率。

**关键词:** 电影院; 室内空气; 观影眼镜; 集中空调

**Indoor air quality and air supply quality of central air conditioning ventilation systems in movie theaters in Kunshan City, Jiangsu** LIANG Xiao-jun<sup>1</sup>, LU Peng<sup>2</sup>, GENG Zheng-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Hong-bin<sup>1</sup>, XU Jian-wen<sup>3</sup>, SHEN Jian-guo<sup>3</sup> (1.Environmental Hygiene Department, Kunshan Center for Diseases Control and Prevention, Kunshan, Jiangsu 215301, China; 2.Department of Health Supervision and Management, Bailu Community Health Service Center, Kunshan, Jiangsu 215301, China; 3.Public Place Health Supervision Department, Kunshan Center of Health Supervision, Kunshan, Jiangsu 215301, China)

## Abstract:

**[Background]** Movie theater audience are confined to luxury halls where central air conditioning ventilation systems (CACVS) are on and doors and windows are closed. The indoor air pollution in movie theaters may pose potential health risks.

**[Objective]** This study investigates the quality of indoor air and air supply of CACVS in movie theaters in Kunshan City of Jiangsu.

**[Methods]** The indoor air [total bacteria, carbon dioxide, carbon oxide, particulate matters with an aerodynamic diameter less than 10 μm (PM<sub>10</sub>), formaldehyde, benzene, toluene, xylene, ozone, and total volatile organic compounds], cinema glasses (total bacteria, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*), air supply of CACVS (total bacteria, total fungi, beta hemolytic streptococcus, and PM<sub>10</sub>), air duct surface (total bacteria, total fungi, and dust accumulation), and air-conditioning cooling water (*Legionella pneumophila*) were monitored in 26 movie theaters of Kunshan City during September to October in 2019. The indicators of indoor air and cinema glasses were evaluated according to the *Hygienic indicators and limits for public places* (GB 37488—2019), and the indicators of CACVS were evaluated by the *Hygienic specification of*

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.20166

## 基金项目

昆山社会科学项目(KS1765)

## 作者简介

梁晓军(1984—), 男, 硕士, 主管医师;  
E-mail: lxjb1984@163.com

## 通信作者

梁晓军, E-mail: lxjb1984@163.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2020-04-12

录用日期 2020-07-31

文章编号 2095-9982(2020)09-0882-05

中图分类号 R126.4

文献标志码 A

## 引用

梁晓军, 陆鹏, 耿政祥, 等. 江苏省昆山市电影院室内空气及集中空调送风质量[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(9): 882-885, 890.

## 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20166

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

LIANG Xiao-jun, E-mail: lxjb1984@163.com

**Competing interests** None declared

**Received** 2020-04-12

**Accepted** 2020-07-31

## To cite

LIANG Xiao-jun, LU Peng, GENG Zheng-xiang, et al. Indoor air quality and air supply quality of central air conditioning ventilation systems in movie theaters in Kunshan City, Jiangsu[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(9): 882-885, 890.

## Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20166

central air conditioning ventilation system in public buildings (WS 394—2012), respectively.

**[Results]** In the selected 26 movie theaters, the overall qualification rate was 92.3% (24/26). The unqualified indicators were benzene (93.6%) in indoor air, PM<sub>10</sub> (97.1%) and total bacteria (84.1%) in air supply of CACVS, and total bacteria in air duct surface (98.6%). The other indicators of indoor air, cinema glasses, air supply of CACVS, air duct surface, and air-conditioning cooling water were all qualified (100.0%). The PM<sub>10</sub> in indoor air and air supply of CACVS were correlated ( $R^2=0.5373$ ).

**[Conclusion]** The quality of indoor air and CACVS air supply in movie theaters in Kunshan is generally good, except benzene in indoor air, PM<sub>10</sub> and total bacteria in air supply of CACVS, and total bacteria in air duct surface which exceed the national standard limits to different degrees. Therefore, strengthening technical guidance, supervision, and management of CACVS is suggested to further improve the qualification rate of relevant hygienic indicators in movie theaters.

**Keywords:** movie theater; indoor air; cinema glasses; central air conditioning ventilation system

研究表明,人的一生中有超过 80% 的时间在室内度过,室内空气质量会对公众健康产生重要影响<sup>[1-2]</sup>。随着经济的发展,电影院已成为人们休闲娱乐的重要场所,2019 年中国观影总人次增加到 17.6 亿,且上涨势头明显<sup>[3]</sup>。由于场所的特殊性,电影院普遍装修豪华,大量应用多种新型装修材料,且在观影过程中会开启集中空调,密闭门窗,大量观影人群聚集在一起,室内空气污染带来的健康风险明显增加<sup>[4]</sup>。本研究对江苏省昆山市电影院室内空气、观影眼镜、集中空调送风、风管内表面和冷却水相关指标进行调查,了解电影院室内空气质量现状和存在的问题,为进一步提高室内空气质量和制定卫生政策提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 检测时间和指标

2019 年 9 月 10 日—2019 年 10 月 20 日,昆山市疾病预防控制中心对全市所有电影院(26 家)进行检测。室内空气检测指标包括细菌总数、二氧化碳(carbon dioxide, CO<sub>2</sub>)、一氧化碳(carbon oxide, CO)、可吸入颗粒物(particulate matters with an aerodynamic diameter of less than 10 μm, PM<sub>10</sub>)、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、臭氧、总挥发性有机物(total volatile organic compounds, TVOC); 观影眼镜表面检测指标包括细菌总数、大肠菌群、金黄色葡萄球菌; 集中空调检测指标包括送风细菌总数、真菌总数、β-溶血性链球菌、PM<sub>10</sub>, 风管内表面细菌总数、真菌总数、积尘量及冷却水嗜肺军团菌。

### 1.2 布点和检测方法

按照 GB/T 18204.6—2013《公共场所卫生检验方法 第 6 部分: 卫生监测技术规范》<sup>[5]</sup> 的要求(电影院座位数量 300~500 个布置 2~3 个监测点,座位数量 501~1000 个布置 3~4 个监测点),本次检测的所有影院均设置 3 个监测点。按照 GB/T 18204.2—2014《公共

场所卫生检验方法 第 2 部分: 化学污染物》<sup>[6]</sup>、GB/T 18204.3—2013《公共场所卫生检验方法 第 3 部分: 空气微生物》<sup>[7]</sup>、GB/T 18204.4—2013《公共场所卫生检验方法 第 4 部分: 公共用品用具微生物》<sup>[8]</sup> 检测室内空气污染物及微生物指标(包括眼镜表面)。按照 GB/T 18204.5—2013《公共场所卫生检验方法 第 5 部分: 集中空调通风系统》<sup>[9]</sup> 和 WS/T 395—2012《公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范》<sup>[10]</sup> 检测集中空调送风细菌总数、真菌总数、β-溶血性链球菌、PM<sub>10</sub>, 风管内表面细菌总数、真菌总数、积尘量及冷却水嗜肺军团菌。本次采样均选择正常放映的影厅,在开影前 10 min 开展检测,采样时没有观众,但其空调通风系统正常使用。

共对全市 26 家电影院的 78 个空气检测点和 78 副眼镜进行检测,其中 3 家电影院没有集中空调,故对 23 家电影院的 69 个集中空调检测点进行检测。

### 1.3 评价标准

依据 GB 37488—2019《公共场所卫生指标及限值要求》<sup>[11]</sup> 进行室内空气和眼镜细菌类指标评价,依据 WS 394—2012《公共场所集中空调通风系统卫生规范》<sup>[12]</sup> 进行集中空调相关卫生指标评价。

### 1.4 统计学分析

采用 Graphpad prism 8.0 软件进行数据统计分析。对检测指标采用均数、标准差、最小值、最大值、中位数进行描述性分析,眼镜的细菌学指标结果用频数、构成比描述,用单因素回归分析室内空气与空调送风系统中 PM<sub>10</sub> 的相关性,双侧检验,检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

本次检测昆山市电影院室内空气总体合格率为 92.3% (24/26),室内空气相关指标见表 1。苯的合格率为 93.6%,其他室内空气污染物合格率均为 100.0%。为便于比较化学污染指标甲醛、苯、TVOC 的分布差

异,故绘制散点图(图1),可见苯有5个检测点超过标准限值( $\leq 0.11\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ),TVOC有较多的检测点接近 $0.60\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 的限值,而甲醛有1个检测点接近 $0.10\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 的限值。

表1 昆山市26家电影院室内空气相关指标检测结果( $n=78$ )  
Table 1 Descriptive statistics of indicators related to indoor air in 26 movie theaters in Kunshan City ( $n=78$ )

| 参数                                          | 均数    | 标准差   | 最大值   | 最小值   | 合格率/% | 标准限值        |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 细菌总数/(CFU·皿 <sup>-1</sup> )                 | 4.200 | 2.900 | 1.400 | 1.000 | 100.0 | $\leq 40$   |
| CO <sub>2</sub> /%                          | 0.050 | 0.014 | 0.082 | 0.038 | 100.0 | $\leq 0.15$ |
| CO质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )                | 0.404 | 0.382 | 1.000 | 0.100 | 100.0 | $\leq 10$   |
| PM <sub>10</sub> 质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> ) | 0.039 | 0.031 | 0.092 | 0.001 | 100.0 | $\leq 0.15$ |
| 甲醛质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )                | 0.028 | 0.025 | 0.094 | 0.001 | 100.0 | $\leq 0.10$ |
| 苯质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )                 | 0.047 | 0.046 | 0.290 | 0.025 | 93.6  | $\leq 0.11$ |
| 甲苯质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )                | 0.065 | 0.055 | 0.150 | 0.037 | 100.0 | $\leq 0.20$ |
| 二甲苯质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )               | 0.057 | 0.012 | 0.170 | 0.031 | 100.0 | $\leq 0.20$ |
| 臭氧质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )                | 0.014 | 0.013 | 0.043 | 0.003 | 100.0 | $\leq 0.16$ |
| TVOC质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )              | 0.179 | 0.114 | 0.546 | 0.032 | 100.0 | $\leq 0.60$ |

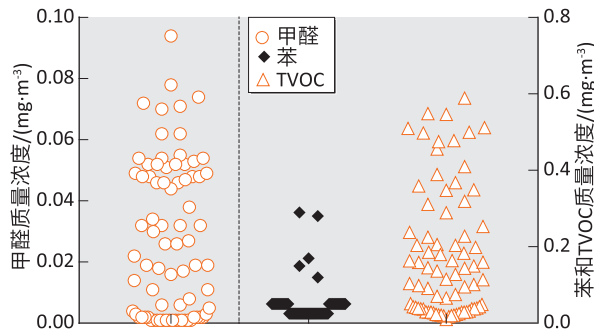


图1 甲醛、苯和TVOC检测结果散点图  
Figure 1 Scatter plot of concentrations of formaldehyde, benzene, and TVOC

本研究对26家电影院的78副观影眼镜进行细菌学指标的检测,大肠菌群和金黄色葡萄球菌均未检出。细菌总数均小于 $12\text{ CFU}\cdot\text{cm}^{-2}$ (标准限值为 $300\text{ CFU}\cdot 25\text{ cm}^{-2}$ )(表2)。

表2 昆山市26家电影院眼镜细菌总数检测结果( $n=78$ )  
Table 2 Descriptive statistics of total bacterial count of cinema glasses in 26 movie theaters in Kunshan City ( $n=78$ )

| 项目    | 细菌总数/(CFU·cm <sup>-2</sup> ) |      |     |     |     |
|-------|------------------------------|------|-----|-----|-----|
|       | <0.2                         | <0.4 | 0.4 | 0.8 | 1.2 |
| 检出数   | 29                           | 38   | 7   | 3   | 1   |
| 构成比/% | 37.2                         | 48.7 | 9.0 | 3.8 | 1.3 |

23家电影院69个集中空调检测点的集中空调通风系统卫生学检测结果见表3,送风系统和风管内表面细菌总数均有超标。送风系统细菌总数合格率为84.1%(58/69),真菌总数合格率为100.0%(69/69),

PM<sub>10</sub>合格率为97.1%(67/69)。风管内表面细菌总数合格率为98.6%(68/69),真菌总数和积尘量合格率均为100.0%(69/69)。69份冷却水样品均未检出嗜肺军团菌,69份送风样品中均未检出 $\beta$ -溶血性链球菌。

表3 昆山市26家电影院集中空调相关指标检测结果( $n=69$ )  
Table 3 Descriptive statistics of indicators related to central air conditioning ventilation systems in 26 movie theaters in Kunshan City ( $n=69$ )

| 参数                                          | 均数     | 标准差    | 最大值     | 最小值   | 中位数    | 合格率/% | 标准限值        |
|---------------------------------------------|--------|--------|---------|-------|--------|-------|-------------|
| 送风系统                                        |        |        |         |       |        |       |             |
| 细菌总数/(CFU·m <sup>-3</sup> )                 | 248.90 | 253.10 | 1100.00 | 4.00  | 205.00 | 84.1  | $\leq 500$  |
| 真菌总数/(CFU·m <sup>-3</sup> )                 | 113.20 | 90.30  | 466.00  | 4.00  | 113.00 | 100.0 | $\leq 500$  |
| PM <sub>10</sub> 质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> ) | 0.043  | 0.046  | 0.275   | 0.001 | 0.042  | 97.1  | $\leq 0.15$ |
| 风管内表面                                       |        |        |         |       |        |       |             |
| 细菌总数/(CFU·25cm <sup>-2</sup> )              | 20.70  | 25.20  | 150.00  | 2.00  | 10.00  | 98.6  | $\leq 100$  |
| 真菌总数/(CFU·25cm <sup>-2</sup> )              | 14.03  | 11.74  | 50.00   | 2.00  | 10.00  | 100.0 | $\leq 100$  |
| 积尘量/(g·m <sup>-2</sup> )                    | 3.51   | 5.53   | 18.84   | 0.12  | 0.38   | 100.0 | $\leq 20$   |

在此基础上,以空调送风样品PM<sub>10</sub>为自变量,以室内空气PM<sub>10</sub>为应变量进行单因素回归分析,方程为 $Y=1.008X-0.001622$ ,决定系数( $R^2$ )为0.5373,有统计学意义( $P<0.01$ )。

3 讨论

本研究对昆山市全部26家电影院室内空气质量以及集中空调送风系统、风管内表面和冷却水相关指标进行调查,结果表明总体情况较好,总体合格率为92.3%(24/26)。不合格指标有室内空气中苯(93.6%),空调送风系统PM<sub>10</sub>(97.1%)、细菌总数(84.1%)和风管内表面细菌总数(98.6%),其他指标合格率均达到100.0%。苯有5个检测点超过标准限值,TVOC有较多的检测点接近限值,而甲醛有1个检测点接近限值,说明三种污染物的潜在超标风险和健康风险是不同的。这可能是由于污染物挥发性和污染源的不同导致的,在实际分析中应考虑污染物的分布情况,以利于判断其潜在的健康风险。以往对室内空气甲醛和TVOC的研究大部分集中在办公场所<sup>[13-14]</sup>、家居场所<sup>[15-16]</sup>及美容美发类公共场所<sup>[17-20]</sup>,本次研究表明电影院类公共场所甲醛、苯和TVOC这些挥发性污染物虽然合格率较高,但潜在超标风险依然存在,应引起重视。

对眼镜细菌学指标的检测显示大肠菌群和金黄色葡萄球菌均未检出,细菌总数总体较低,说明本次检测的眼镜卫生状况总体比较好。2010年,赵锐等<sup>[21]</sup>对北京4家电影院40件3D眼镜进行调查,大肠菌群

均合格,细菌总数、金黄色葡萄球菌的合格率分别为70.0%、77.5%。本次研究结果优于上述研究,这可能与严格的卫生消毒制度有关,本研究现场调查发现26家电影院卫生许可证持有率、从业人员健康证持证率均为100%,独立清洗消毒间拥有率78.5%,消毒设施配备率88.5%。

集中空调不合格指标为送风系统细菌总数、PM<sub>10</sub>和风管表面细菌总数,最高超标浓度分别为限值的2.2倍、1.8倍和1.5倍,真菌总数、积尘量和嗜肺军团菌均合格,说明细菌总数在评价集中空调中具有重要意义,送风和风管表面细菌总数标准差均较大,说明不同影院间存在较大波动。本研究现场调查显示52.2% (12/23) 的电影院在2019年委托清洗消毒机构对集中空调进行清洗消毒,21.7% (5/23) 电影院在2018年及之前进行过清洗消毒,但能提供集中空调卫生学检测报告的比例只有52.2% (12/23)。这说明应继续加强对其培训和监管力度,提高集中空调的清洗和检测率<sup>[22]</sup>。本研究探索室内空气与空调送风系统中PM<sub>10</sub>的相关性,虽然样本量不大 ( $n=69$ ),但相关性有统计学意义,说明对电影院而言,室内空气PM<sub>10</sub>很有可能受到集中空调送风的影响,但决定系数 ( $R^2$ ) 仅为0.5373,这可能与室内空气和空调送风的检测点并不完全一致及室外空气的影响有关,需要进一步研究。

由于电影院的观影厅面积较大,若使用CO<sub>2</sub>或FS<sub>6</sub>示踪气体检测新风量非常不易操作,由于出风口较多且高度较高,风管法检测也比较困难,所以本研究没有检测新风量。本研究显示昆山市电影院室内空气及集中空调送风质量总体良好,但室内空气中苯存在超标现象,甲醛、TVOC也存在超标的风险,集中空调送风中PM<sub>10</sub>、送风系统细菌总数和风管表面细菌总数有不同程度超标,应加大集中空调运行的技术指导和监督管理,进一步提高相关指标的合格率,保护人群健康。

## 参考文献

- [1] WU X, APTE MG, MADDALENA R, et al. Volatile organic compounds in small- and medium-sized commercial buildings in California [J]. Environ Sci Technol, 2011, 45 (20): 9075-9083.
- [2] WAINMAN T, ZHANG J, WESCHLER CJ, et al. Ozone and limonene in indoor air: a source of submicron particle exposure [J]. Environ Health Perspect, 2000, 108 (12): 1139-1145.
- [3] 中国新闻网. 2019票房稳步上升 这两类人成观影新势力 [EB/OL]. [2020-04-10]. <http://www.chinanews.com/yl/2019/12-13/9033402.shtml>.
- [4] 刘洋. 四种类型公共场所室内PM<sub>2.5</sub>与PM<sub>10</sub>污染特征研究 [D]. 合肥: 安徽医科大学, 2015.
- [5] 公共场所卫生检验方法 第6部分: 卫生监测技术规范: GB/T 18204.6—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [6] 公共场所卫生检验方法 第2部分: 化学污染物: GB/T 18204.2—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [7] 公共场所卫生检验方法 第3部分: 空气微生物: GB/T 18204.3—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [8] 公共场所卫生检验方法 第4部分: 公共用品用具微生物: GB/T 18204.4—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [9] 公共场所卫生检验方法 第5部分: 集中空调通风系统: GB/T 18204.5—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [10] 公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范: WS/T 395—2012 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [11] 公共场所卫生指标及限值要求: GB 37488—2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [12] 公共场所集中空调通风系统卫生规范: WS 394—2012 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [13] HUANG L, MO J, SUNDELL J, et al. Health risk assessment of inhalation exposure to formaldehyde and benzene in newly remodeled buildings, Beijing [J]. PLoS One, 2013, 8 (11): e79553.
- [14] WU PC, LI YY, LEE CC, et al. Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan [J]. Indoor Air, 2003, 13 (4): 359-363.
- [15] LI TT, LIU ZR, BAI YH. Human cancer risk from the inhalation of formaldehyde in different indoor environments in Guiyang City, China [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2008, 81 (2): 200-204.
- [16] ZHAI L, ZHAO J, XU B, et al. Influence of indoor formaldehyde pollution on respiratory system health in the urban area of Shenyang, China [J]. Afr Health Sci, 2013, 13 (1): 137-143.
- [17] 熊文艳, 邱荣发, 钟凉, 等. 南昌市公共场所空气中甲醛污染对从业人员的健康风险评价 [J]. 现代预防医学, 2014, 41 (1): 14-16.
- [18] 梁晓军, 张建新, 孙强, 等. 昆山市公共场所空气甲醛暴露及健康风险评价 [J]. 环境卫生学杂志, 2016, 6 (4): 275-279.

(下转第 890 页)

影响因素。值得一提的是,本研究揭示池壁来源的耐药基因比池水高,可见在泳池卫生及消毒上可能存在盲区,需要特别加以关注。

本研究结果显示2019年海口市泳池细菌菌落总数合格率为77.08%,和国内泳池的卫生状况相比,稍高于赵宜静等<sup>[10]</sup>对上海浦东新区泳池水菌落总数的研究结果,而低于赵仁敏等<sup>[11]</sup>对海南省人工泳池水菌落总数的研究结果。余氯含量能指示水的后续杀菌能力,但含量过高会产生消毒副产物,危害人体健康。本次出现少数泳池余氯严重超标,类似的情况出现在广州的泳池调查中(其超标率为46%,总合格率为23%)<sup>[12]</sup>。但由于本研究并非长期多次检测,并不能代表泳池日常监测结果。本研究揭示游离性余氯水平与细菌菌落总数、耐药基因检出情况呈负相关,其推测可能与细菌菌落总数少导致的耐药基因少有关,仍需要进一步研究消毒剂对耐药基因的影响机制。

综上,本研究显示海口市泳池出现耐药基因频率较高,检出多种耐药基因及介导多黏菌素耐药的高风险基因,水中的游离性余氯含量影响细菌菌落总数及细菌耐药基因。需要加强泳池的消毒监管,控制消毒剂水平,并重点关注高危耐药基因;泳池壁或其他附属区域可能存在重要的健康隐患。

## 参考文献

- [1] COOKE J. How to minimise antibiotic resistance [J]. *Lancet Infect Dis*, 2016, 16 (4) : 406-407.
- [2] SHEN Y, ZHOU H, XU J, et al. Anthropogenic and environmental factors associated with high incidence of mcr-1 carriage in humans across China [J]. *Nat Microbiol*, 2018, 3 (9) : 1054-1062.
- [3] BEYROUT Y, ROBIN F, LESSENE A, et al. MCR-1 and OXA-48 *in vivo* acquisition in KPC-producing *Escherichia coli* after Colistin treatment [J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2017, 61 (8) : e02540-16.
- [4] DE LA CRUZ BARRÓN M, MERLIN C, GUILLOTEAU H, et al. Suspended materials in river waters differentially enrich class 1 Integron- and IncP-1 plasmid-carrying bacteria in sediments [J]. *Front Microbiol*, 2018, 9 : 1443.
- [5] HONG B, BA Y, NIU L, et al. A comprehensive research on antibiotic resistance genes in microbiota of aquatic animals [J]. *Front Microbiol*, 2018, 9 : 1617.
- [6] 脱宁, 包虹, 徐凤, 周耀寰. 东方体育中心泳池水处理系统设计特点 [J]. *给水排水*, 2012, 38 (1) : 62-64.
- [7] SAWABE T, SUDA W, OHSHIMA K, et al. First microbiota assessments of children's paddling pool waters evaluated using 16S rRNA gene-based metagenome analysis [J]. *J Infect Public Health*, 2016, 9 (3) : 362-265.
- [8] KOECK DE, HUBER S, HANIFI N, et al. Occurrence of antibiotic-resistant bacteria in therapy pools and surrounding surfaces [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15 (12) : 2666.
- [9] 赵晓祥, 杨莲, 程晨, 等. 上海水体中抗生素抗性基因的分布特征 [J]. *安全与环境学报*, 2018, 18 (3) : 1191-1197.
- [10] 赵宜静, 杨敏娟, 胡昕冬, 等. 上海浦东新区婴儿游泳场所卫生状况 [J]. *环境与职业医学*, 2015, 32 (8) : 774-778.
- [11] 赵仁敏, 封丹, 李永忠, 等. 海南省人工游泳池水质卫生状况调查 [J]. *中国热带医学*, 2012, 12 (6) : 775-776.
- [12] WEI X, LI J, HOU S, et al. Assessment of microbiological safety of water in public swimming pools in Guangzhou, China [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15 (7) : 1416.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 王晓宇)

(上接第885页)

- [19] 梁晓军, 嵇心怡, 张宏斌, 等. 美容美发场所主要污染物暴露特征及从业人群健康风险评价 [J]. *江苏预防医学*, 2019, 30 (1) : 56-58.
- [20] 梁晓军, 施健, 赵萍, 等. 中国居民室内甲醛暴露水平及健康效应研究进展 [J]. *环境卫生学杂志*, 2017, 7 (2) : 170-181.
- [21] 赵锐, 沈凡, 张屹, 等. 北京市电影院客用3D眼镜卫生状况调查 [J]. *环境与健康杂志*, 2010, 27 (7) : 567.
- [22] 陈丽琼, 刘慧, 林琴香, 等. 龙岩市2017—2018年公共场所集中空调通风系统监测结果 [J]. *海峡预防医学杂志*, 2020, 26 (1) : 64-66.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 汪源)