

某市公共交通建筑集中空调冷却水嗜肺军团菌污染现状及影响因素

张霞^a, 陈敏^b, 侯雪波^a, 张嘉美^a, 付晨^{a,b}, 张琳^a, 高剑晖^a, 苏瑾^a

上海市疾病预防控制中心 a. 公共服务与健康安全评价所 b. 病原生物检定所, 上海 200336

摘要:

[背景] 嗜肺军团菌广泛存在于天然水体及人工水环境中, 可引起严重的军团菌病, 有关其影响因素及控制策略的研究有限。

[目的] 分析公共交通建筑集中空调冷却水系统嗜肺军团菌污染现状及影响因素, 为冷却塔嗜肺军团菌风险管控提供科学依据。

[方法] 于2018年9—10月和2019年8—9月期间, 基于方便抽样采集某市公共交通建筑121座集中空调冷却塔水样共174件, 对水样进行嗜肺军团菌检测及血清分型, 同时检测冷却水的菌落总数、色度、浑浊度、电导率、溶解性总固体、pH、铁、水温、游离性余氯共9项水质指标, 同步现场勘查冷却塔周边环境和运行管理状况。采用卡方检验和多因素logistic回归分析水质状况、消毒方式以及管理公司等因素对嗜肺军团菌阳性率的影响。

[结果] 174件冷却水水样中有83件检出嗜肺军团菌, 阳性率为47.70%, 共检出7种不同血清型的嗜肺军团菌, 其中Lp1为优势血清型, 占59.04%。卡方检验显示: 在不同水温、游离性余氯、溶解性总固体以及铁含量的水质条件下, 嗜肺军团菌阳性率差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同运营公司管理下的冷却塔其水系统嗜肺军团菌阳性率间差异有统计学意义($P < 0.05$)。进一步多因素logistic回归分析显示: 水温是嗜肺军团菌阳性率的主要危险因素($OR=1.250$, 95% $CI: 1.111 \sim 1.407$); 与A公司相比, B、C、D公司管理的冷却塔更容易检出嗜肺军团菌($OR=3.704$, 95% $CI: 1.264 \sim 10.855$; $OR=3.088$, 95% $CI: 1.057 \sim 9.019$; $OR=2.708$, 95% $CI: 1.190 \sim 6.164$)。

[结论] 该市公共交通建筑冷却塔存在嗜肺军团菌污染, 水温控制和有效的管理措施是减少嗜肺军团菌生长和传播的关键, 从技术和管理层面采取综合措施是公共建筑集中空调冷却水系统军团菌管控的最佳策略。

关键词: 嗜肺军团菌; 集中空调; 冷却水; 影响因素; 公共交通建筑

Legionella pneumophila pollution and influencing factors in cooling water of public transport buildings in a city of China ZHANG Xia^a, CHEN Min^b, HOU Xuebo^a, ZHANG Jiamei^a, FU Chen^{a,b}, ZHANG Lin^a, GAO Jianhui^a, SU Jin^a (a. Department of Public Health Service and Safety Assessment b. Department of Pathogenic Identification, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract:

[Background] *Legionella pneumophila* is found extensively in natural water bodies and artificial water environments, and can cause serious Legionnaires' disease. There are limited studies on the influencing factors and control strategies of *Legionella pneumophila*.

[Objective] This study investigates the status of *Legionella pneumophila* contamination and potential influencing factors in cooling water of central air conditioning system in public transport buildings, aiming to provide scientific evidence for risk control of *Legionella pneumophila* in cooling towers.

[Methods] A total of 174 water samples were collected from 121 cooling towers in public transport buildings in the selected city from September to October in 2018 and from August to September in 2019 based on convenient sampling. *Legionella pneumophila* colony and serotyping were detected in the water samples. Nine water quality indicators were analyzed simultaneously, including the total number of colonies, color, turbidity, conductivity, total dissolved solids,

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.20499

基金项目

上海市地方标准制定项目(沪质技监标[2018] 291号)

作者简介

张霞(1976—), 女, 硕士, 主任医师;
E-mail: zhangxia@scdc.sh.cn

通信作者

苏瑾, E-mail: sujin@scdc.sh.cn
付晨, E-mail: fuchen@scdc.sh.cn

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2020-10-31

录用日期 2021-01-07

文章编号 2095-9982(2021)04-0402-06

中图分类号 R12

文献标志码 A

►引用

张霞, 陈敏, 侯雪波, 等. 某市公共交通建筑集中空调冷却水嗜肺军团菌污染现状及影响因素[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(4): 402-407.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20499

Funding

This study was funded.

Correspondence to

SU Jin, E-mail: sujin@scdc.sh.cn

FU Chen, E-mail: fuchen@scdc.sh.cn

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2020-10-31

Accepted 2021-01-07

►To cite

ZHANG Xia, CHEN Min, HOU Xuebo, et al. *Legionella pneumophila* pollution and influencing factors in cooling water of public transport buildings in a city of China[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(4): 402-407.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20499

pH, iron, water temperature, and free residual chlorine. The information about cooling tower surrounding environment and operation management was collected by on-site inspection. Chi-square test and multiple logistic regression were used to analyze the influences of water quality, disinfection methods, and management companies on the positive rate of *Legionella pneumophila*.

[Results] Of the 174 cooling water samples, 83 samples were *Legionella pneumophila* positive, with a total positive rate of 47.70%; 7 serotypes were detected, of which the dominant Lp1 accounted for 59.04% of the positive samples. The Chi-square test results showed that under different conditions of water temperature, free residual chlorine, total dissolved solids, and iron, the differences in the positive rate of *Legionella pneumophila* were statistically significant ($P < 0.05$); there was also a significant difference in the positive rate of *Legionella pneumophila* in cooling towers under the management of different operating companies ($P < 0.05$). Further multiple logistic regression analysis results showed that water temperature ($OR=1.250$, 95% CI : 1.111-1.407) was the major risk factor for being *Legionella pneumophila* positive. Compared with company A, cooling towers managed by companies B, C, and D were more likely to be detected *Legionella pneumophila* positive ($OR=3.704$, 95% CI : 1.264-10.855; $OR=3.088$, 95% CI : 1.057-9.019; $OR=2.708$, 95% CI : 1.190-6.164).

[Conclusion] *Legionella pneumophila* contamination exists in the cooling towers of public transport buildings in the selected city. Water temperature control and effective management measures are key to the reduction of the growth and spread of *Legionella pneumophila*. Taking comprehensive measures at both technical and management levels is the best strategy for the risk control of *Legionella pneumophila* in central air conditioning cooling water system of public buildings.

Keywords: *Legionella pneumophila*; central air conditioning system; cooling water; influencing factor; public transport building

军团菌是一种需氧、无芽孢、杆状或鞭毛状的革兰氏阴性菌,广泛存在于天然水体及人工水环境中,也存在于盆栽等土壤环境中。目前已分离鉴定出60余种、70多个血清型,其中约一半与人类疾病有关,以嗜肺军团菌中的Lp1型为主。军团菌感染可引起军团菌病和庞蒂亚克热两种不同表现的疾病,后者是一种温和的自限性疾病,而前者则是一种严重的、甚至致命的肺炎疾病^[1-3]。军团菌病于1976年在美国首次暴发。由于人口老龄化、气候变化、集中空调的广泛使用、管道基础设施的老化、诊断及检测手段的提升等因素,过去十余年中,美国、欧洲等地的报告病例数呈现上升态势。美国疾控中心监测数据显示,2000—2017年期间军团菌病发病率从0.42/10万上升至2.29/10万,增长5.5倍^[4]。欧洲疾控中心的数据显示军团菌病发病率从2014年的1.3/10万上升至2018年的2.2/10万^[5]。军团菌病最主要的传播方式为吸入受军团菌污染的水体雾化后形成的气溶胶,几乎所有温水系统或设备均为军团菌的生长提供了有利条件。美国疾病暴发调查显示,生活饮用水虽然是疫情暴发最常见的来源,但与冷却塔相关的暴发病例数更多,由于冷却塔可将受污染的水雾化,传播风险更大,受到潜在威胁的人数往往更多,因此,公共建筑冷却塔军团菌污染防控始终是一个重要的公共卫生问题^[6]。尽管冷却塔的清洗消毒工作已广泛开展,但嗜肺军团菌污染问题依然突出。除了冷却塔内部结构及运行方式等固有因素外,水质状况、周边环境以及管理措施等亦是可能影响嗜肺军团菌滋生的因素。嗜肺军团菌污染及其影响因素的多样性和复杂性为防控工作带来一

定困难,本项目通过对某市公共交通建筑集中空调冷却水嗜肺军团菌分布及影响因素的初步调查,为公共场所冷却塔卫生管理实施精准防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象和样品采集

以某市轨道交通车站的集中空调冷却塔为研究对象,选择121座冷却塔,于集中空调使用高峰期采集冷却水水样共计174份。2018年采样时间为9—10月,平均水温23.67℃;2019年采样时间为8—9月,平均水温28.29℃。

水样采集使用灭菌广口采样瓶,在距冷却塔壁20 cm、液面下10 cm处按无菌操作采集水样。对于现场采样条件受限的,在空调机房内采集管道内的循环冷却水,水样当日送检。现场环境调查内容包括冷却塔所属管理公司、水质处理方式、位置、周围建筑及距离、绿化带、塔周边及上方遮蔽物情况。所有冷却塔每年6—10月期间运行,启用前均委托专业机构清洗消毒。

1.2 检测方法和指标

嗜肺军团菌检测方法参照WS 394—2012《公共场所集中空调通风系统卫生规范》附录B。水质指标(菌落总数、色度、浑浊度、电导率、溶解性总固体、pH、铁、水温、游离性余氯)检测参考GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》进行,水温和游离性余氯为现场测定。

1.3 统计学分析

数据录入采用Excel 2019软件,采用SPSS 25.0统

计软件进行分析。正态分布数据和非正态分布数据分别采用均值和中位数(最小值,最大值)进行统计描述。数据的检验方法包括卡方检验和多因素 logistic 回归分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。其中 logistic 回归分析的自变量包括水质指标和管理指标,采用连续变量和分类变量,应变量设为嗜肺军团菌检出情况,阴性为 0,阳性为 1。

2 结果

2.1 冷却塔环境状况

121 座冷却塔中有 46 座 (38.02%) 位于建筑物楼顶,75 座 (61.98%) 位于地面,所有水样按冷却塔位置分组统计,嗜肺军团菌阳性率差异无统计学意义 ($\chi^2=0.90$, $P=0.34$)。75 座地面冷却塔的周边环境状况:59 座冷却塔位于地铁出入口 50 m 范围内,51 座冷却塔周边设有绿化带,40 座冷却塔周边 50 m 范围内有人员集中的建筑物。

2.2 冷却塔水质情况

本研究中冷却塔以市政管网水为水源,水质检测结果中水温和 pH 为正态分布数据,其余均为非正态分布数据,详见表 1。

表 1 2018—2019 年某市公共交通建筑冷却塔水质检测结果 ($n=174$)

Table 1 Descriptive statistics of indicators related to water quality in cooling towers of public transport buildings in a city in 2018–2019 ($n=174$)

指标	Min	M	Max
水温/°C	18.60	26.88 ^a	35.30
pH	6.63	8.12 ^a	9.11
菌落总数/(CFU·mL ⁻¹)	0	253	>300
色度/度	5	5	35
浑浊度/NTU	0.10	0.55	26.10
电导率/($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	309	1029	11900
溶解性总固体浓度/(mg·L ⁻¹)	103	1511	11000
铁浓度/(mg·L ⁻¹)	0.0016	0.0380	0.5520
游离性余氯浓度/(mg·L ⁻¹)	0.00	0.14	20.00

[注] a: 数据为平均值。

2.3 嗜肺军团菌检出情况

121 座冷却塔共采集水样 174 件,采用培养法进行嗜肺军团菌检测,阳性水样 83 件,阳性率 47.70%。其中,2018 年水样 53 件,阳性率 20.75%,2019 年水样 121 件,阳性率 59.50%,不同年份冷却水嗜肺军团菌阳性率差异有统计学意义 ($\chi^2=22.18$, $P<0.001$)。83 件嗜肺军团菌阳性水样中共分离出 7 种不同的血清型,以 Lp1 血清型为主,占 59.04%;在 28 件水样中同时检

出两种血清型的菌株,双血清型总占比为 33.73%;含 Lp1 型的双血清型占比为 30.12% (25/83)。详见表 2。

表 2 2018—2019 年公共交通建筑冷却塔嗜肺军团菌血清型别列表 ($n=83$)

Table 2 Serotypes of *Legionella pneumophila* in cooling towers of public transport buildings in a city in 2018–2019 ($n=83$)

血清型	件数	构成比/%
Lp1	49	59.04
Lp3	1	1.20
Lp5	2	2.41
Lp6	3	3.61
Lp1、Lp3	2	2.41
Lp1、Lp4	2	2.41
Lp1、Lp5	3	3.61
Lp1、Lp6	13	15.66
Lp1、Lp7	4	4.82
Lp1、Lp8	1	1.20
Lp5、Lp6	1	1.20
Lp5、Lp7	1	1.20
Lp6、Lp7	1	1.20
合计	83	100.00

2.4 嗜肺军团菌的分布特征

2.4.1 采水点 本研究中部分冷却塔因现场条件所限,不便于在塔内采集水样 ($n=146$),改为在空调机房内的冷却水管道中采集 ($n=28$)。按采水点位置分组统计,嗜肺军团菌阳性率差异无统计学意义 ($\chi^2=1.92$, $P=0.17$)。

2.4.2 冷却塔周边维护结构 多数冷却塔周边均设置了维护结构,按维护结构的位置分组统计,结果显示:冷却塔上方是否设置遮蔽物,嗜肺军团菌阳性率差异无统计学意义 ($\chi^2=0.01$, $P=0.92$);冷却塔四周是否设置遮蔽物,嗜肺军团菌阳性率差异无统计学意义 ($\chi^2=0.86$, $P=0.35$)。

2.4.3 水质情况 将水温根据嗜肺军团菌的最适生长温度范围 (25~42°C) [7],余氯、色度、浑浊度、溶解性总固体和菌落总数参考《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 中的指标限值,pH、电导率、铁按检测值的均值或中位数分组后,卡方检验结果显示,不同水温、游离性余氯、溶解性总固体、铁浓度组间的嗜肺军团菌阳性率差异有统计学意义 ($P<0.05$),详见表 3。

2.4.4 冷却塔管理情况 冷却塔管理情况包括水质处理方式和运营管理公司。处理方式分为加药(人工添加含氯消毒剂)、臭氧(在线装置)2 个类别,两组间差异无统计学意义,可以认为不同水质处理方式对嗜肺军团菌的控制效果相当。121 座冷却塔的日常运维

管理分属四家公司,按照管理公司分组统计,差异有统计学意义($P<0.05$),可以认为水系统的维护管理是影响因素之一。结果见表4。

表3 不同冷却塔水质情况的嗜肺军团菌检测结果($n=174$)
Table 3 *Legionella pneumophila* contamination in cooling towers under different water quality conditions ($n=174$)

分类	频数 (构成比/%)	嗜肺军团菌检测结果		χ^2	P
		检出 (率/%)	未检出 (率/%)		
水温/ $^{\circ}\text{C}$				16.89	<0.001
<25	46 (26.44)	10 (21.74)	36 (78.26)		
≥ 25	128 (73.56)	73 (57.03)	55 (42.97)		
pH				0.02	0.890
≤ 8.12	85 (48.85)	41 (48.24)	44 (51.76)		
> 8.12	89 (51.15)	42 (47.19)	47 (52.81)		
游离性余氯浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$				9.54	0.002
<0.05	31 (17.82)	7 (22.58)	24 (77.42)		
≥ 0.05	143 (82.18)	76 (53.15)	67 (46.85)		
色度/度				0.25	0.620
≤ 15	142 (81.61)	69 (48.59)	73 (51.41)		
> 15	32 (18.39)	14 (43.75)	18 (56.25)		
浑浊度/NTU				0.18	0.670
≤ 1	121 (69.54)	59 (48.76)	62 (51.24)		
> 1	53 (30.46)	24 (45.28)	29 (54.72)		
电导率/ $(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$				0.19	0.660
≤ 1029	89 (51.15)	41 (46.07)	48 (53.93)		
> 1029	85 (48.85)	42 (49.41)	43 (50.59)		
溶解性总固体浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$				4.61	0.032
$\leq 1\,000$	58 (33.33)	21 (36.21)	37 (63.79)		
$> 1\,000$	116 (66.67)	62 (53.45)	54 (46.55)		
铁浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$				9.26	<0.001
<0.038	86 (49.43)	31 (36.05)	55 (63.95)		
≥ 0.038	88 (50.57)	52 (59.09)	36 (40.91)		
菌落总数/ $(\text{CFU}\cdot\text{mL}^{-1})$				1.12	0.290
≤ 100	50 (28.74)	27 (54.00)	23 (46.00)		
> 100	124 (71.26)	56 (45.16)	68 (54.84)		

表4 不同冷却塔管理情况的嗜肺军团菌检出结果($n=174$)
Table 4 *Legionella pneumophila* contamination in cooling towers under different management methods ($n=174$)

分组	频数 (构成比/%)	嗜肺军团菌检测结果		χ^2	P
		检出 (率/%)	未检出 (率/%)		
处理方式				0.00	0.980
臭氧	69 (39.66)	33 (47.83)	36 (52.17)		
加药	105 (60.34)	50 (47.62)	55 (52.38)		
管理公司				8.77	0.030
A	45 (25.86)	13 (28.89)	32 (71.11)		
B	26 (14.94)	15 (57.69)	11 (42.31)		
C	24 (13.79)	13 (54.17)	11 (45.83)		
D	79 (45.40)	42 (53.16)	37 (46.84)		

2.5 嗜肺军团菌的影响因素

将表3和表4中的全部变量引入方程,进行多因

素 logistic 回归分析(采用逐步向前法)。变量纳入标准: $P<0.05$,变量排除标准: $P>0.10$ 。经多因素拟合后,回归分析显示水温是冷却水嗜肺军团菌阳性的主要风险因素($b=0.223$, $OR=1.250$, $95\%CI: 1.111\sim 1.407$)。进入回归方程的还包括管理公司变量,与A公司相比,B、C、D公司管理的冷却塔更容易检出嗜肺军团菌。结果见表5。

表5 冷却塔嗜肺军团菌多因素 logistic 回归分析结果($n=174$)
Table 5 Factors associated with *Legionella pneumophila* contamination in cooling towers by multiple logistic analysis ($n=174$)

变量	b	S_b	Wald χ^2	OR	95%CI	P
水温	0.223	0.060	13.673	1.250	1.111~1.407	<0.001
公司A	—	—	7.937	—	—	0.047
公司B	1.310	0.549	5.700	3.704	1.264~10.855	0.017
公司C	1.127	0.547	4.250	3.088	1.057~9.019	0.039
公司D	0.996	0.420	5.636	2.708	1.190~6.164	0.018
常数项	-6.930	1.698	16.655	0.001	—	<0.001

[注] 水温、pH、游离性余氯、色度、浑浊度、电导率、溶解性总固体、铁为连续型变量;菌落总数和消毒方式为二分类变量;管理公司为无序多分类变量,其中A为参照水平。

3 讨论

随着城市公共建筑中集中空调的广泛使用,空调冷却塔的卫生状况也日益受到关注。由于多数大型公共建筑的集中空调冷却塔都采用了开放式系统,开放的循环冷却水与空气接触的机会增加,易受周边空气污染物的影响,为包括嗜肺军团菌在内的微生物繁殖创造了条件,成为嗜肺军团菌的重要污染源。近年来文献报道的各地公共建筑集中空调冷却水中嗜肺军团菌的检出率在33.33%~77.78%的较高水平^[8-11],冷却水嗜肺军团菌污染已成为城市公共建筑健康风险管控面临的一个重要公共卫生问题。本研究所调查的公共交通建筑集中空调冷却水中嗜肺军团菌的平均检出率为47.70%,83件阳性水样中共分离出7种血清型,其中Lp1型占比59.04%。与文献报道相比,冷却水嗜肺军团菌污染程度处于中等水平,约三分之一的阳性水样同时检出两种血清型,说明冷却水中多重污染的现象普遍存在。公共交通建筑具有密集流动的人群和相对封闭的环境特点,其冷却塔水系统如果疏于管理,则可成为嗜肺军团菌滋生的重要场所和来源,从而导致公共健康风险增加。

水质对嗜肺军团菌生长的影响是多方面的,包括水温、pH、污垢、沉积物或碎片、腐蚀副产物、微生物群等^[7]。公共交通建筑的冷却塔多位于地面交

通干道附近,开放式的循环水系统易受地面交通污染的影响,且经过不断的循环、蒸发、冷却等处理后,水质容易恶化继而影响嗜肺军团菌等微生物的生长。本研究中,水质状况总体表现为:pH 偏碱(均值=8.12),水温跨度大(18.6~35.3℃),游离性余氯偏低($M=0.14\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$),溶解性总固体($M=1511\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)和菌落总数($M=253\text{ CFU}\cdot\text{mL}^{-1}$)偏高。对水质指标与嗜肺军团菌阳性率进行卡方检验,结果显示水温、游离性余氯、溶解性总固体、铁的变化均可影响嗜肺军团菌的阳性率,差异有统计学意义($P<0.05$)。进一步多因素 logistic 回归分析发现,水温与嗜肺军团菌呈正相关关系,水温每升高1℃,嗜肺军团菌阳性危险增加22.3%。本研究中约有四分之三的水样处在25~42℃的嗜肺军团菌最适生长范围内,因此在卡方检验和 logistic 回归分析中水温始终是最重要的影响因素,水温也影响了不同年份之间的阳性率差异。受样本量、采样时间、分组依据、维护情况等因素的影响,不同研究报道的结果并不一致,在可能的影响因素中,水温、浑浊度和藻类获得相对多的认可^[11-13]。贾予平等^[14]通过调查冷却塔设置、结构、消毒、管理等因素,发现季节和消毒措施是冷却水嗜肺军团菌生长繁殖的主要危险因素,而季节的差异最终也体现在温度上。消毒剂通常在较窄的 pH (6.5~8.5) 范围内最有效^[6-7],而本研究中游离性余氯的总体水平偏低或许与水质总体偏碱性有关(pH 均值=8.12)。

所有冷却塔按管理公司分组,不同组间嗜肺军团菌阳性率差异有统计学意义($P<0.05$),进一步回归分析中管理公司变量得以进入回归方程,侧面反映出管理措施对冷却水嗜肺军团菌控制的重要性,后续可深入分析具体管理措施的差异。美国疾控中心对2000—2014年期间军团菌肺炎暴发情况进行了回顾,结果发现建筑水系统维护缺陷是导致暴发的主要原因,具体包括过程故障、人为失误、设备故障以及管理缺失导致的外部变化。因此认为防止军团菌病暴发的关键是对水系统进行良好的管理,而对水温和消毒管理实施干预则是建议重点关注的管理措施^[6]。

嗜肺军团菌的生成是多因素相互作用的综合结果,对其生长规律和影响因素进行分析,可为进一步实施预防控制措施提供思路和依据。我国的WS 394—2012《公共场所集中空调通风系统卫生规范》中规定:集中空调通风系统冷却水和冷凝水中不得检出嗜肺军团菌。但标准实施多年,文献报道的我国集

中空调冷却水中嗜肺军团菌阳性率始终处于较高水平,国外的情况亦不乐观,近十年来军团菌病发病率持续上升。关于冷却水嗜肺军团菌的管控策略,我们做以下思考:(1)从疾病防控的角度,识别风险条件,通过制定并实践有效的冷却水管理计划以切断嗜肺军团菌的生长和传播途径;(2)鉴于嗜肺军团菌在环境中广泛存在,其致病风险受数量、分型及环境条件等因素影响,现有的管理和技术条件要完全做到零检出存在一定难度;(3)从危险度管理的角度,制定嗜肺军团菌量化和快检标准,综合考虑社会经济和技术水平,基于冷却水中嗜肺军团菌数量和传播风险提出可接受水平及相应的分级管控措施。

综上,某市公共交通建筑集中空调冷却塔存在嗜肺军团菌污染,水温控制和有效的管理措施是减少嗜肺军团菌生长和传播的关键,从技术和管理层面采取综合措施是公共建筑集中空调冷却水系统军团菌管控的最佳策略。本研究还存在以下局限:冷却塔的选择受现场可得性的影响,并非严格的随机抽样;部分冷却塔受现场条件所限,没有严格按照标准在冷却塔水槽内采样;由于数据来源的限制,未获得足够全面的信息来评估水系统管理方面存在的问题和缺陷。

参考文献

- [1] SPRINGSTON JP, YOCAVITCH L. Existence and control of *Legionella* bacteria in building water systems: a review [J]. J Occup Environ Hyg, 2017, 14 (2): 124-134.
- [2] LPSN. List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature [EB/OL]. [2021-01-01]. <http://www.bacterio.net>.
- [3] World Health Organization. Legionella and the prevention of legionellosis [R]. Geneva: World Health Organization, 2007.
- [4] Centers for Disease Control and Prevention. Legionnaires' disease surveillance summary report, 2016-2017 [EB/OL]. [2021-01-01]. <https://www.cdc.gov/legionella/health-depts/surv-reporting/2016-17-surv-report-508.pdf>.
- [5] European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease-annual epidemiological report for 2018 [R]. Stockholm: ECDC, 2020.
- [6] GARRISON LE, KUNZ JM, COOLEY LA, et al. Vital signs: deficiencies in environmental control identified in outbreaks of legionnaires' disease—North America, 2000-2014 [J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2016, 65 (22): 576-584.
- [7] American Society of Heating, Refrigerating and Air-

- Conditioning Engineers. ASHRAE standard : minimizing the risk of legionellosis associated with building water systems : ASHRAE Guideline 12—2000 [S] . Atlanta, GA : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2000.
- [8] 鲁曦, 刘宁, 徐秦峰, 等. 2016—2017年西安市区公共场所水体军团菌污染情况 [J]. 环境与健康杂志, 2019, 36 (2) : 137-140.
- LU X, LIU N, XU QF, et al. Legionella contamination in water bodies of public place in Xi'an in 2016-2017 [J]. J Environ Health, 2019, 36 (2) : 137-140.
- [9] 李欣, 吴佳瑾, 俞佳莉, 等. 上海市松江区公共场所空调系统嗜肺军团菌污染状况 [J]. 环境与职业医学, 2016, 33 (10) : 981-983.
- LI X, WU JJ, YU JL, et al. Legionella pneumophila pollution in air-conditioning systems in public places of Songjiang district, Shanghai [J]. J Environ Occup Med, 2016, 33 (10) : 981-983.
- [10] 陈志永, 陈小岳, 黎俊宏, 等. 常州市22家宾馆集中空调水系统及淋浴水嗜肺军团菌污染状况分析 [J]. 现代预防医学, 2017, 44 (15) : 2865-2868.
- CHEN ZY, CHEN XY, LI JH, et al. Status of Legionella pneumophila contamination in central air conditioning water systems and shower water in 22 hotels, Changzhou [J]. Mod Prev Med, 2017, 44 (15) : 2865-2868.
- [11] 雷娟, 方开宇, 苟梦君, 等. 贵阳市公共场所集中空调通风系统冷却塔嗜肺军团菌影响因素 Logistic 回归分析 [J]. 微量元素与健康研究, 2018, 35 (1) : 48-49.
- LEI J, FANG KY, XUN MJ, et al. Logistic analysis on influencing factors for Legionella pneumophila in cooling tower of central air conditioning systems in public places, Guizhou [J]. Stud Trace Elem Health, 2018, 35 (1) : 48-49.
- [12] 严宙宁, 牟敬锋, 袁梦, 等. 公共场所集中空调冷却水水质及其与嗜肺军团菌污染的关系 [J]. 环境与职业医学, 2014, 31 (6) : 434-437.
- YAN ZN, MOU JF, YUAN M, et al. Quality of cooling water in central air conditioning systems in public places and its relationship with Legionella pneumophila contamination [J]. J Environ Occup Med, 2014, 31 (6) : 434-437.
- [13] 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.
- ZHOU WJ, XIAO Y, WU YX, et al. Investigation of influencing factors for Legionella pneumophila contamination in cooling water [J]. J Environ Health, 2010, 27 (6) : 516-517.
- [14] 贾予平, 沈凡, 张屹, 等. 集中空调冷却塔运行管理中军团菌繁殖的主要影响因素初探 [J]. 环境与健康杂志, 2015, 32 (11) : 983-986.
- JIA YP, SHEN F, ZHANG Y, et al. Influencing factors of Legionella reproduction in cooling tower operation and management [J]. J Environ Health, 2015, 32 (11) : 983-986.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 王晓宇)

(上接第 401 页)

- ZHANG LJ, GUO CY, XU HH, et al. Environment-related factors associated with asthma and allergies among schoolchildren in two communities, Shanghai [J]. J Environ Health, 2014, 31 (8) : 702-706.
- [11] NORBÄCK D, LU C, ZHANG YP, et al. Sources of indoor particulate matter (PM) and outdoor air pollution in China in relation to asthma, wheeze, rhinitis and eczema among pre-school children : Synergistic effects between antibiotics use and PM₁₀ and second hand smoke [J]. Environ Int, 2019, 125 : 252-260.
- [12] DENG Q, LU C, YU Y, et al. Early life exposure to traffic-related air pollution and allergic rhinitis in preschool children [J]. Respir Med, 2016, 121 : 67-73.
- [13] 何珊, 牟喆, 彭丽, 等. 气象环境因素对儿童变应性鼻炎自觉症状影响的研究 [J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2015, 29 (16) : 1458-1462, 1466.
- HE S, MOU Z, PENG L, et al. Effects of meteorological and environmental factors on subjective symptoms of allergic rhinitis in children [J]. J Clin Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 2015, 29 (16) : 1458-1462, 1466.
- [14] 曾珏, 翁创伟, 朱紫杭, 等. 广州市小学生呼吸系统疾病生活居住环境影响因素调查 [J]. 中国学校卫生, 2017, 38 (8) : 1219-1221.
- ZENG J, WENG CW, ZHU ZH, et al. A cross-sectional study on the association between living environment and respiratory diseases in school children [J]. Chin J Sch Health, 2017, 38 (8) : 1219-1221.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)