
医院热水系统中的军团菌及其感染控制

谢思桃¹ 王冠军¹ 吴金城²

(¹ 总后勤部建筑设计研究院, 北京 100036; ² 北京洁利尼水处理工程有限公司, 北京 100016)

摘要 医院是军团病高发区, 而热水系统是军团病的主要菌源, 为此, 从设计和维护管理的角度, 对其感染控制进行了初步地分析与探讨。

关键词 医院 热水系统 军团菌 感染控制 军团病

Legionella and its infection control of hospital hot water system

Xie Si-tao¹ Wang Guan-jun¹ Wu Jin-cheng²

(¹ General Logistics Department Institute of Architectural Design and Research, 100036 Beijing;

² Beijing Giulini Water Treatment Co.,Ltd., 100016 Beijing)

Abstract: The hospital is highly infectious area of Legionnaires' disease. In addition, hot water system is the main fungus source of Legionnaires' disease. This paper will analyze and discuss the control of infection origin from the design and the maintenance management view.

Keywords: Hospital; Hot water system; Legionella; Infection control; Legionnaires' disease

热水供应为现代化医院所必备, 而热水供应设备和供水系统因存在死区、滞留时间及设备管道的腐蚀造成细菌繁殖, 调查和化验结果表明, 水中细菌开始繁殖, 其中主要是产生了对人体极有危害的“军团菌”[1]。国内外相关的一些研究表明军团菌能长期混入医院管道工程系统, 侵袭力很强, 我们缺乏有效的预防措施, 军团病传染的危险性正在加剧, 特别是较老的大医院保持较低水温的热水容器军团菌混入率较高。

1 军团菌(病)简介[2]

1976年10月在美国费城召开了一次退伍军人会议, 参会者有221人感染了一种当时被媒体称作神秘的病菌, 症状为高烧、发冷、头痛、恶心, 半数人神志不清及精神错乱。三分之二的感染者住院治疗, 大部分获得痊愈, 有34人死亡。对此可怕的疾病, 美国疾病防治中心(CDC)组织了一批专家, 经半年时间研究, 耗资200多万美元, 发现了致病的杆状嗜肺菌。1977年元月公开了这一重要研究, 并定名这种致病菌为“军团菌”, 由此引起的疾病叫“军团病”。

军团病是由存在于自然界水及土壤中的军团菌侵入人体所致的疾病。军团菌是常见的细菌, 但军团菌的营

养要求比较特殊，因而，在水温较低、营养较贫乏的环境水体中，军团菌一般不易繁殖，浓度较低，没有致病危险。虽然军团菌生活在水中，但是人们不会由于饮用了含有军团菌的水而感染。军团菌感染的主要途径是经呼吸道感染。军团菌的菌体微小，人在正常呼吸时，会将空气中含有军团菌的气溶胶同时吸入呼吸道内，致使军团菌有机会侵染肺泡组织和巨噬细胞，引发炎症，导致军团病。气溶胶是军团菌传播、传染的重要载体。供水系统可通过水龙头、淋浴、涡流浴、泡泡浴、人工喷泉等方式形成气溶胶。水龙头和淋浴是医院内军团菌感染的主要气溶胶形成动因。

军团病已成为危害人群健康的一种重要疾病，其对人类健康的威胁已经达到不容忽视的程度，研究报道，其暴发流行期病死率高达 30% (15.4% ~ 30.0%)，散发病例病死率最高可达 69%；世界范围内每年数万病例，许多国家已把军团病列入国家法定传染病，一旦发现必须申报，并采取规定措施，以防流行。世界卫生组织 (WHO) 也已正式将它列入疾病传报范围，而军团病在国内还未引起足够的重视，对它的长远危害考虑不足。

2 医院是军团病高发区，而热水系统是军团病的主要菌源

当前感染军团菌的地点分成两大类，一种称为社团军团病，一种称为医院军团病。早期发生的军团病 (1995 年以前) 以社团型为主，防治的对象主要是冷却塔和空调系统；1995 年后则更重视医院型，并侧重于供水、热水系统的防治操作。

2.1 医院是军团病高发区，对此国际上已有定论

医院内免疫力低下的人群多，感染的机会多：医院环境对军团菌的生长、传播及感染尤为有利，医院内供水系统的管道内垢渣是生物粘膜、各种细菌，包括军团菌的址地，医院使用许多气雾方法加强呼吸系统病人的肺功能，再加上住院病人如器官移植、癌症术后治疗、艾滋病、肺部慢性病及严重抽烟者，他们都有一个免疫能力低下的特点，综合以上这些条件，医院成为军团病的重点突发处当是意料之中的，所以医院要对军团病的发生与流行予以特别关注。

2.2 医院热水系统是军团病的主要菌源

医院发生军团病实际比较频繁，其病源主要是供水系统，因军团菌在接近人体温的 35 ~ 36 时最易繁殖，20 以下不能繁殖，45 ~ 50 以上不繁殖或死亡，70 则迅速死亡。因而其主要菌源实际上来自热水系统，美国匹兹堡大学相关调查、研究工作也证明了这一点。

3 医院热水系统军团菌的感染控制

3.1 军团菌感染控制的基本思路 [3]

在 1983 年举行的第二届国际军团病研讨会上，Fraser 用 6 条关键描述了军团病的传播。Breiman 在 1992

年的国际研讨会上重述了这一关系链。这 6 条链是：

- 军团菌在环境中的积存；
- 促成病菌繁殖的因素；
- 将军团菌从积存地散播给易感人群的途径；
- 其毒性足够感染人体的军团菌株；
- 军团菌接种在人体内能够发生感染的某处；
- 易感染且无法成功抵御感染的人员。

由后向前逐一分析以上六个环节，我们可以发现，只有前三条链为我们提供了介入的可能，并可针对性提出相应措施。而后三条我们无法控制病菌的毒性，也无力对接种部位实施影响，而在目前我们也还没有找到有效的工具（如某种疫苗）来降低人们对军团杆菌的易感性。

军团菌在水环境和湿土中的普遍存在性（第一条链）已是不争的事实，这一环节一般不在给排水工程师和管理活动所涉及的范围内。我们回到军团菌传播的源头，在那里，军团菌最初可能只是以较低的浓度（如水中 1CFU/mL）存在，但若遇上适宜条件，如处于 25 至 42 之间的水温、水体滞流、水中含有大量的水垢、沉淀物、微生物膜及原虫等，军团菌就会迅速繁殖起来（或称放大作用），并达到可能威胁人体健康的水平（如水中 1000CFU/mL），尽管目前还没有哪项科研给出了军团菌确切的安全浓度界限，但是国外的科研人员已经证实了水中军团菌的高水平和军团病流行的可能性之间有一定的关系。同时需要着重指出的是，感染风险是由危害物的量和人员接触双重因素促成的，也许有高浓度的病菌但却不会形成危险。

因为没有人员与之接触；类似的，如果有大量的人员接触或某些人员反复接触，那么较低的浓度也会产生相当的危险；而接触则牵涉到第三条链——传播体系问题，可见第二、三条链之间互为条件、互相制约、共同发生作用。对此要采取既具有针对性又不乏相互联系的综合措施，力求在这两个环节上取得突破，打断军团病的传播链，从而有效降低军团病的感染风险。

考虑第三条链，即军团菌的传播途径。给排水工程师们可采用多种方法对传播体系进行控制使之对军团菌不利；可通过系统改造，减少雾化作用；也可通过充分加热或杀菌剂处理以确保病菌无法在从积存地到周围地区的过程中存活下来。

可见，医院军团病的预防应集中在控制军团菌污染源、控制气溶胶的形成、控制阿米巴等原虫的污染。

3.2 从设计上，控制和预防军团病的感染与传播

国外对医院军团病问题较为重视，并进行了大量的调查和研究工作，国内也发现了由于军团菌感染肺炎死亡的实例，但还未引起重视。可喜的是，相关规范[4,5]已提到了这一问题，并鼓励设计人员积极采取相关

措施进行预防和控制。

3.2.1 热水温度的确定

综合考虑卫生、安全和经济等因素，医院热水供水温度应控制在 60℃ 为宜，同时保证系统中锅炉或水加热器的出水温度与配水点的最低水温的温度差，不得大于 10℃。有条件的话，系统设计回水水温应在 55℃ 以上，这对杀灭细菌和提高卫生防疫性能是十分有利的。据文献介绍，世界卫生组织(WHO) 推荐：“热水应在 60℃ 以上储存，并至少在 50℃ 以上循环。另据美国 ASHRAE 杂志 2000 年 9 月号介绍：“在医疗卫生设施中，包括护理部，热水应在等于或高于 60℃ 贮存，在需要循环的场合，回水至少在 51℃。”

3.2.2 热水供应系统选择

热水供应系统应根据使用要求和用水点的分布，并考虑卫生管理需要确定

医院热水系统可根据实际功能需求分别设置相应的热水系统和管网，且宜将系统尽可能分得小一些。如可根据供水时间、用水量、保障要求等进行系统划分。一般情况，因门急诊、医技科室、中心供应室、职工后勤部门供应热水为定时供水，供应时间比较一致，可设成一个系统；手术室、产房的手术洗手，卫生通过的淋浴器应该为 24 小时供应热水，而且不能有任何间断，热水供应应安全可靠，故一般该热水供应宜单独成为一个系统。另外，小系统针对性强，检修方便，也有利于发现问题迅速采取切实有效的措施。

热水系统应有良好的循环，避免滞留水的存在

热水管道系统应保证供水的循环流动性能，流水不腐，水流动了滋生细菌的可能性就要小得多。系统设计应使管网中热水尽量流动，避免滞留水的存在。循环管道应采用同程布置的方式，并设循环泵，采取机械循环。集中热水供应系统应设热水回水管道，并应保证干管和立管中的热水循环，有条件时还应保证支管中的热水循环或有保证支管中热水温度的措施，否则，不能循环的热水支管应尽量缩短。管网末端不设不经常使用的器具。

宜维持系统中余氯在 1~2mg/L。

3.2.3 水的加热和贮存

医院建筑不得采用有滞水区的容积式水加热器[4]

医院是各种致病细菌滋生繁殖最适宜的地方，带有滞水区的容积式水加热器，其滞水区的水温一般在 20~30℃ 之间，是细菌繁殖生长最适宜的环境，国外早已有从这种带滞水区的容积式水加热器中发现过军团菌等致人体生命危险病菌的报导。

传统容积式交换器内水温是以梯形状分布，在热交换器内部很难处处水温在 60℃ 左右。从而导致容积式热交换器内，供应热水系统管道中产生军团菌，潜伏着巨大的危险，改变医院使用热交换器形式应是当

务之急。宜采用半即热式或即热式热交换器，使其热水供应系统水温始终保持在 60 以上区域进行供水，以避免军团菌滋生，杜绝军团病的发生。

利用太阳能的热水供应系统，军团菌的防治更值得关注

近年来太阳能在医院热水供应中有所发展，相信随着医疗社会化和中小型医院建设的不断发展，以及节能环保意识的增强，利用太阳能的热水供应形式，会有更多的应用机会。但因太阳能热水利用中温度很难达到 60 ，特别是太阳能贮水，如何防菌必须引起重视。解决的方法可以是太阳能作为预热水，经过辅助能源再次加热，并作好循环。二是采用有效的杀菌方法。

热水加热、贮热设备宜选用不锈钢制品

水加热设备、贮热设备存有一定温度的热水，水中溶解氧析出较多，当加热设备、贮热设备采用钢板制作时，氧腐蚀比较严重，易恶化水质和滋生细菌。因此，水加热设备和贮热设备宜根据水质条件及使用要求采用耐腐蚀材料（如不锈钢，不锈钢复合板）制作或做内表面的衬、涂、镀防腐材料处理。实际上从阻垢、防腐、能消除生物膜，便于清除及防止细菌滋生等方面考虑，选用不锈钢制品是有益的。

3.2.4 管材、附件

管材的选择应考虑卫生需要

传统镀锌钢管在医院热水管道上的应用主要是锈蚀造成供水的第二次污染，提供了细菌滋生的适宜环境。而据有关生物学研究表明：供水中的大肠杆菌在铜管道内不能再继续繁殖；99%以上的水中细菌在进入铜管道 5 个小时后被彻底杀灭。另外，在铜管作为给水管材的研究中，经与其它管材试验比较后，得出铜管是唯一可以杀死军团菌的管材，并且具有一个明显的趋势，随着时间的推移，管道中的军团菌会越来越少。新版水规[4]已将铜管列为热水供应的首选管材。

应选用不产生水雾的淋浴喷头[2]

军团菌传输的方式主要是与吸入被菌感染的水雾有关。因此，热水供应的水龙头宜采用混合型式、不产生水雾的淋浴喷头和泡沫喷头，以便尽量减少洗浴时卫生间的雾气，调查资料表明由于管中滞留水形成水雾会被人体吸入，而发现的军团菌多在滞留水中繁殖，采用混合水龙头可以降低出水水温而减少水雾形成。

应根据需要设排气装置，系统最低点应设泄水装置

热水在管道内不断析出气体，如不及时排除，会加速管道内壁腐蚀。故应根据需要在热水管道积聚空气的地方装自动放气阀或带手动放气阀的集气罐。另外，为便于检修，系统最低点应设泄水装置。

3.2.5 根据需求，选用适当的杀菌方法

目前，为有效预防军团菌和保证供水水质，一般可采用热休克法、银/铜离子法、紫外线、局部过热法及氯

剂法。而银/铜离子法比热休克法有效,经济和易操作,且具有持久性,是目前国外备受关注和推荐的方法[6]。另外,氯胺在水中衰减慢,分散性好,穿透生物膜能力较强;能很好地控制军团菌的生长,军团菌有时能从氯消毒后的水中恢复,但不能从氯胺消毒的水中恢复,可以减少90%的军团菌发病者[7];引起的管网腐蚀少于连续氯消毒。

3.3 从维护管理上,最大限度地降低军团病的感染与传播风险

重视维护管理,定期检验水质,并进行细菌指标化验和余氯检测。对可能的污染源,如热水系统,进行常规检测是重要的预防和监测措施,可根据监测数据,对热水加热、贮热设备和管道进行定期泄空、清洗和消毒,以消除沉渣、垢块和破坏细菌得以积存和滋生的环境,并杀灭军团菌及携带军团菌的原虫。

推动军团菌积存地和散播体系的日常维护,确保清洁,定期对淋浴喷头等可能产生气溶胶的装置进行拆卸以清除沉淀物和水垢,然后用含氯消毒液进行清洗。并保持室内经常通风,防止雾气的形成。

热水循环泵应保证良好运行。

参考文献

- 1 陈秀生主编,左亚洲主审.给水排水设计手册 - 建筑给水排水(第二版).北京:中国建筑工业出版社,2001.397-398
- 2 肖钧,陈西平.军团菌的污染和控制研究进展.国外医学卫生学分册,2003,30(4): 196-199
- 3 汪亚兵,沈晋明.医院内的军团病感染及其对策.洁净与空调技术,2001,2:18-21
- 4 张森,刘振印,何冠钦,等.建筑给水排水设计规范(GB50015—2003).北京:中国计划出版社,2003
- 5 许钟麟,梅自力,于冬,等.医院洁净手术部建筑技术规范(GB50333 - 2002).北京:中国计划出版社,2002
- 6 Zeming Liu,Janet E.Stout,Lou Tedesco, et al. Conrolled Evaluation of Copper-Silver Ionization in Eradicating Legionella pneumophila from a Hospital Water Distribution System.The Journal of Infections Deseases,1994;169:919-922
- 7 Kool Jacob L, Carpenter Joseph C, Fields Barry S. Monochloramine and Legionnaires' disease . American Water Works Association ,2000 ,92(9): 88-96

谢思桃:100036 北京市太平路22号 总后建筑设计研究院

TEL: 010-66934849 E-mail: st525@sina.com">xst525@sina.com



AQUAGENA