

# Idraulica

PUBBLICAZIONE PERIODICA DI INFORMAZIONE TECNICO-PROFESSIONALE

## DOSSIER LEGIONELLA



**Legionella:  
un pericolo  
mondiale!**

# G CALEFFI

# 军团菌：空调和热水系统中隐藏的危机

Marco & Mario Doninelli---Caleffi S.p.A

## 1. 1 军团菌的历史起源

军团菌(*Legionella*)一词来源于1976年7月发生在美国费城的一次越战退役军人聚会：参加聚会的约2000名士兵中221人感染了肺炎，其中34人死亡。经过调查发现了病源的起因为空调系统中滋生的一种前所未有的细菌。1978年国际上正式将这种病命名为军团菌病(*Legionaire's Disease*) (注：*Legionaire*为‘军团’的俚称)。

研究表明，军团菌的病原有近40种：其中的嗜肺军团杆菌(*legionella pneumophila*)是最危险的一种，它会引发以肺炎为主的全身性疾病。



图1 水系统中存在的军团菌

## 1. 2 军团菌的临床表现

军团菌从临床表现上分为以下两种：

### ■ 庞提亚克热 (*Pontiac Fever*)

通常潜伏期在1-2天，临床表现为高烧、肌痛、头痛和肠胃不适(不经常)。没有肺炎。这类军团菌的感染通常转化为普通感冒，可用抗生素药治疗，不用住院即可。

### ■ 军团菌病

通常潜伏期在5-6天，临床表现为高烧、肌痛、头痛、胸痛、腹泻、干咳、肾衰竭、感觉迟钝、精神混乱、休克等。

这类感染与其它细菌性的或非典型的肺炎很难区别。

这种疾病如果发现太晚或治疗不及时，病死率高达45%。

## 1. 3 军团菌的感染方式、发病机率等特征

军团菌通过呼吸道雾化吸入细菌水颗粒感染。饮用细菌感染的水或者人与人之间的接触不会感染。

中老年人以及有慢性心、肾、肺、血液病、吸烟、酗酒者易受感染，同样年龄和性别也是一大因素，图 2 为法国 1998 年调查的数据，表明男性年长者发病率更高。

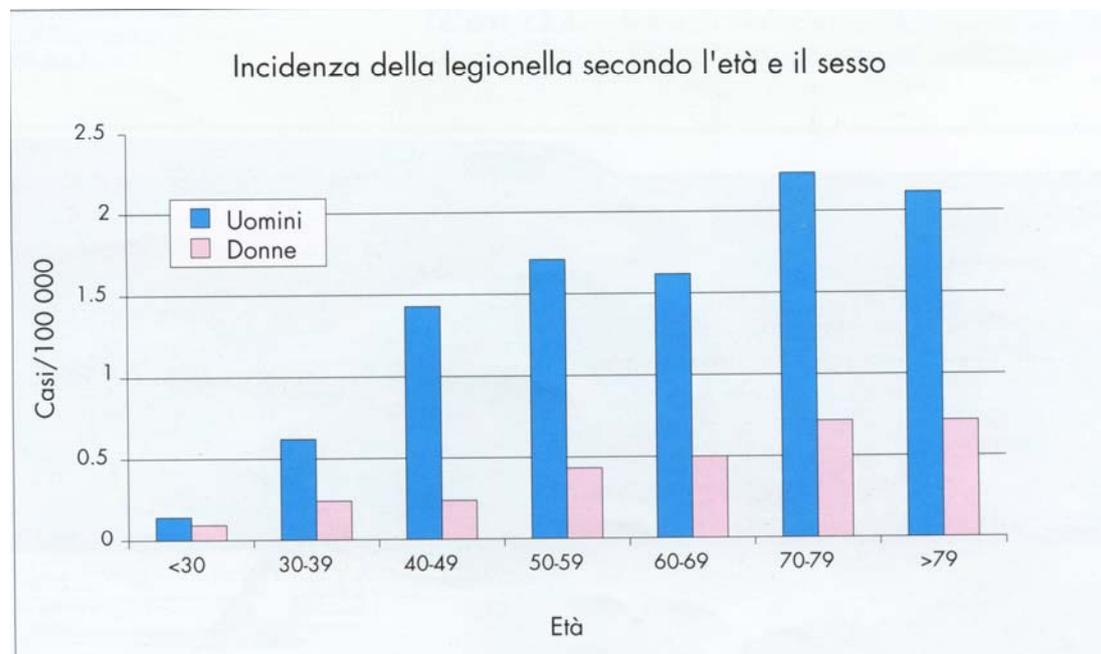


图 2 军团菌发病率与年龄和性别机率图

调查显示，在美国每年的军团菌病例约 11,000 人，在意大利约 150 例，在中国 1982 年南京首次证实了军团菌病，随后 1989 年在北京，1994 年在上海也相继出现了军团菌病例。由于军团菌病与其它细菌性的或非典型的肺炎相似，较难单独定义，因此实际的病例应该会远远高于调查的数据。

## 2.1 军团菌存活的条件

军团菌存在于河流、湖泊、水井、温泉以及水库等水系统里。

它单一的存在并不会对人的健康构成危害。只有细菌在同时具备了以下条件后才会变得危险：

- **发育的理想温度：** 25-42℃之间，细菌在 37℃时最为活跃。
  - **需氧环境：** 即含氧量大的环境。
  - **其它养分的存在：** 如微生物、铁和水垢离子等。
  - **水汽雾化：** 形成直径 1-5 微米的水颗粒。
  - **污染程度高：** 大致来说污染度超过 1000 CfU/l
- Cfu/1 是污染程度的单位，指每升水里所含的微生物量。

## 2.2 产生军团菌的设备或系统

对前期的军团菌病例分析表明其主要来源于冷却塔、冷凝器、蒸发器、空气

处理模块。多年以来，大家认为空调系统是军团菌传播最主要的根源。

但实际上并非完全如此：有许多与水相关的系统，准确来说，加热的水和雾化同时存在的系统都有可能滋生军团菌，下面将逐一列出‘隐藏危机’的系统：

#### 冷却塔

- 开放式冷却塔，
- 闭式冷却塔，
- 蒸发器冷凝器。

#### 制冷系统

- 湿膜式加湿器，
- 喷洒式空气洗刷器，
- 雾化器，
- 水粒分离器，
- 过滤器，
- 消音器。

#### 冷热水系统

- 管道，
- 储水箱，
- 阀门及龙头，
- 淋浴喷头，
- 浴缸。

#### 应急系统

- 除污染喷淋，
- 消防喷淋。

#### 游泳池、温泉、按摩浴缸

#### 喷泉

#### 供氧设备

#### 机床冷却系统

### 2.3 系统中军团菌的栖息地

在系统内，军团菌可能以个体的形式存在，或者寄生于一些原生动物如变形虫里面。总结为以下两种存在方式：

- 1，自由存在于水里面；
- 2，栖息在生物膜上面：即与其它细菌、水藻、聚合物和原生盐聚集在一起。

正是在这些聚集物体上军团菌找到了其生存和发展的必不可少的条件。

美国蒙大拿州立大学 ( *Montana State University* ) 的生物膜工程研究中心 ( *CBE* ) 对生物膜的特性及本质展开了深度的研究。图 3 表明了金属管道内壁与生物膜的置换情况; 图 4 则表明了受腐蚀的管道内生物膜的演化情况。简要说来, 生物膜会在以下条件下发展: 1) 必要的停泊点, 2) 养分物质, 3) 适当的水温。这些条件会存在于蒸发塔或者流速较慢的热水管道内: 因为较低的流速不会影响生物膜的停泊和生长。

在生物膜内, 军团菌不仅得到发展而且还隐藏于其中。这样使得区域性的消毒不可靠。比如说, 在热水系统内, 只对储水箱进行消毒 ( 无论是化学或热力方式 ) 远远不够, 军团菌在其它隐藏的部位很难被循环热水带回到储水箱内进行消毒。

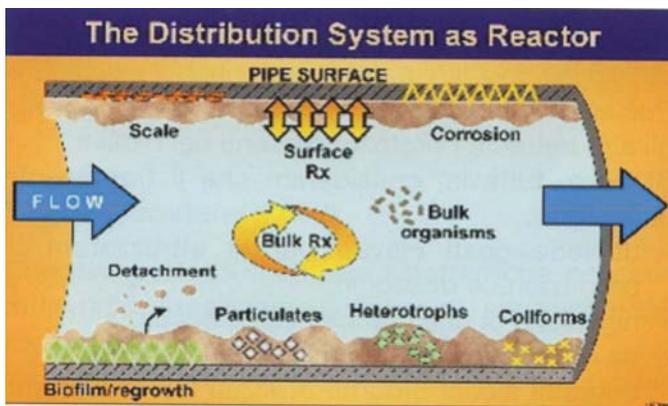


图 3

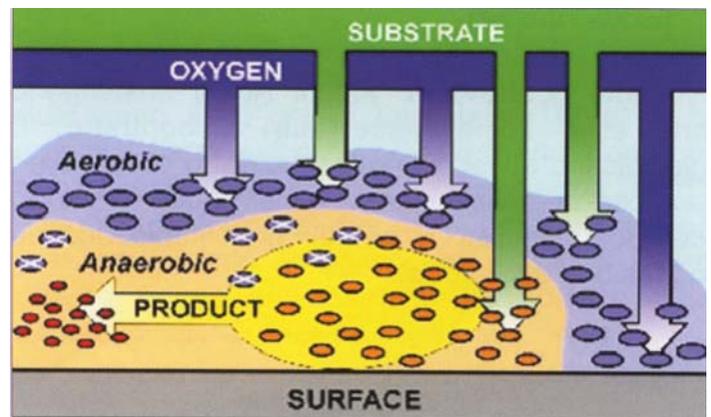


图 4

在防止军团菌的措施中, 防止生物膜的形成尤其重要, 归纳起来有以下几点:

- 建议使用表面为低附着率的水箱和管道以尽量限制生物膜的附着。
- 尽量将流速提高。
- 不能出现‘滞水’: 如储水箱接口在高位, 分水器管径过粗, 或者为将来用水预留的分支等。

### 3.1 消毒处理

为了消灭水系统中的军团菌, 人们使用了各种消毒方式。在 [www.legionellose.com](http://www.legionellose.com) 这一军团菌官方网站上, 对于现在采用的消毒方式评价为 ‘*plus d’echecs que de succes*’, 意即 ‘惨败多于胜利’。其主要原因如下:

- ◆ 对于生物膜相关知识了解太少;
- ◆ 对于系统自身技术特征了解不够;
- ◆ 对于水垢沉积、管道腐蚀的认识很少;
- ◆ 对于消毒物品和细菌接触时间的掌握不够。

我们将就以上的评价来逐一分析各种消毒方式，来看看问题的所在。

## 氯消毒

氯是一种很强的氧化剂，多年以来运用于饮用水消毒。消除军团菌时需要使用很大的剂量，因此会有以下负面问题：

- 形成致癌的化学物质；
- 严重的腐蚀；
- 稳定性不强；
- 对生物膜渗透度不够；
- 滞水部分不起作用；
- 改变水的饮用味道和质量。

## 二氧化氯消毒

二氧化氯有很强的杀菌作用，它不会产生致癌物质。其分子能进入生物膜内部。但却有以下缺点：

- 它必须‘现场’加工，程序较复杂；
- 相对于氯更轻的腐蚀性，但同样会腐蚀管道；
- 管理费用高。

## 铜和银的正离子消毒

它们的杀菌性强，因为其电负荷能改变细菌组织结构的渗透性从而导致其蛋白质的蜕化。而且它们还能聚集在生物膜内部并停留数周。它们主要的缺点有：

- 不能运用于有镀锌层的表面，因为锌会抵消银离子；
- 浓度不能高于饮用水的标准；
- 成本高。

## 臭氧消毒

臭氧能起到有效的杀菌作用，不仅对军团菌，对于其它各类细菌及生物膜里面的原生动植物也能有效抑制。但下面一些因素也需要考虑：

- 制造及加注臭氧的设备较昂贵；
- 需要细致的维护；
- 功效时间有限；
- 影响一些防垢防腐蚀剂的使用效果；
- 可能导致其它细菌感染的发生。

有关臭氧的腐蚀作用一直有争议，到目前尚无完全的定论。

## 过滤消毒

过滤的优点在于其不需在水系统内加入化学物质。目前有两种过滤技术：

- 传统的沙过滤方式，主要运用于冷却系统；
- 微粒过滤方式 (*Microfilter*)，(小于 1  $\mu\text{m}$  的微粒) 大流量过滤，既运用于热水系统也用于冷却系统。目前市场上有每小时流量能到几十吨的过滤机。

以下是过滤方式的局限性：

- 成本高；
- 需要细致的维护；
- 过滤器逐渐的堵塞会降低其效果；
- 过滤器可能出现损坏；
- 过滤器可能产生其它种类的细菌。

### 紫外线 (UV) 消毒

通过专用设备发射的紫外线杀灭经过的细菌。

它只能运用于某一个地方的杀菌，而且水流动所形成的湍流造成的影锥能保护细菌。

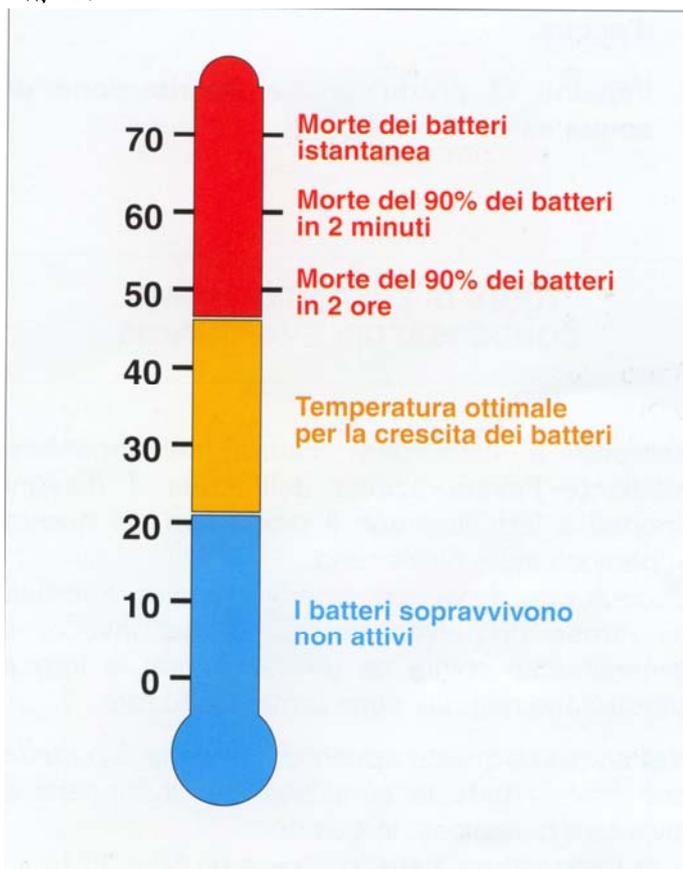
对于流经设备的流量也有相应的要求，一般来说经过紫外线水流的厚度不能超过 3 厘米，这就大大减少了杀菌部位的流量。

因此紫外线消毒更多用于其它的情况。

### 热力消毒

热力消毒的亮点，就如同过滤和紫外线消毒一样，不需要在系统内加入任何化学物质。

热力消毒依靠的是高温杀菌，图 5 则说明了在各个温度范围内军团菌的存活情况：



本图由 J.M.HODGSON B.J CASEY 工作室研究得出，在热力水温杀灭军团菌的准确性上得到了国际上的公认。

从图中看出，只要将水温保持在 50°C 以上军团菌就不可能发展，而且在数小时内就会完全的消灭。在接下来的热力杀菌章节内我们将更为详细地阐述其优缺点及运用方式等。

图 5 军团菌在各种水温下的存活情况

#### 4.1 冷却塔、蒸发器、冷凝器系统的军团菌预防及消除

冷却塔通过水的蒸发将热量散发到大气中，冷却塔的几种工作方式见图 6。

水通过喷嘴雾化起到换热的作用，空气通常由风机从下往上吹出，自然循环的冷却塔已很少见了。

在这些设备里的水具备了以下所有滋生军团菌的条件，因此隐藏相当的危机：

- 水温通常在 30-35℃；
- 有养分存在；
- 易形成生物膜；
- 喷嘴产生雾化。

对于这类设备，在系统调试前，制冷开始前和制冷结束后，每年至少进行两次清洗和排空系统。另外还应该定期地检测水质，细菌总含量应该低于 1 千万 CfU/l。

冷却塔的的安装位置应做以下考虑：

- 不要将冷却塔、蒸发器靠近厨房的排烟口，这样会让水遇到养分而滋生病菌；
- 避免设备排出的水汽面向以下位置：空气进风口、开启式窗户、公共区域（如图 7 所示）；
- 避免设备受到阳光的直射，以免温度升高利于军团菌发展。

在选择设备及维护上需要注意以下事项：

- 不要使用多孔的和易受腐蚀的材料；
- 确保冷却塔的角落处为圆形而非方形，这样便于清洗；
- 控制喷嘴使其减少气雾形成；
- 经常清洗喷嘴以减少气雾形成；
- 使用适合的安装方式以便于清洗冷凝器；
- 使用简单的管路连接便于排空和清洗系统；
- 安装排污阀和真空阀以利于排水；

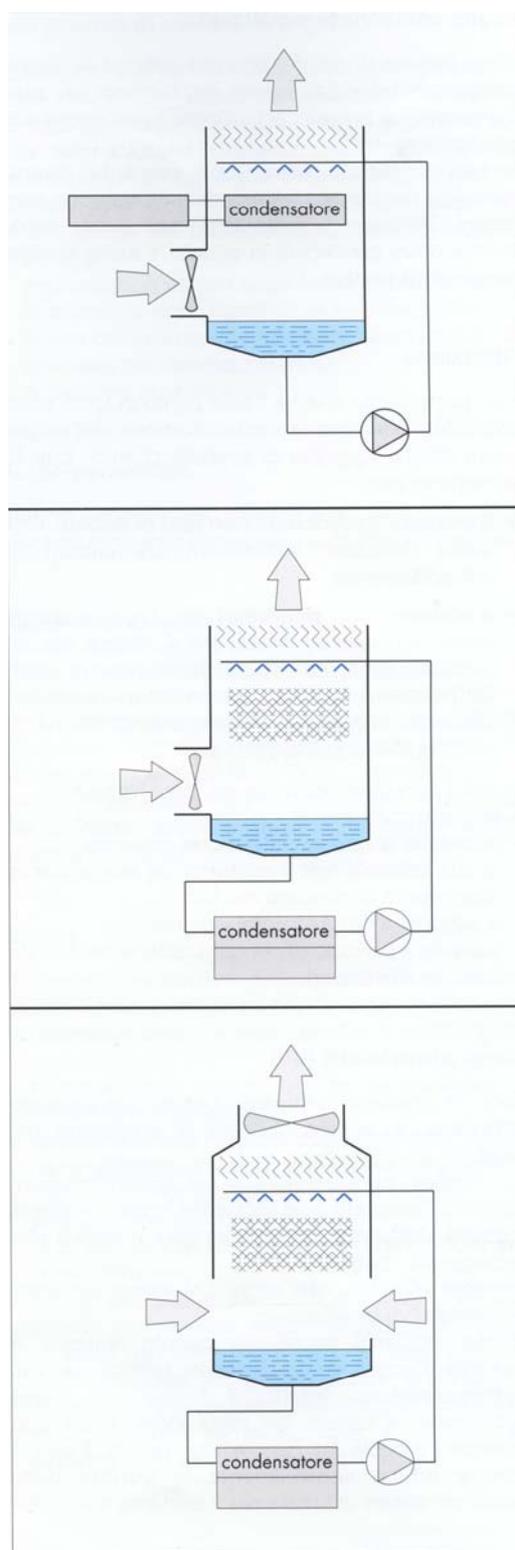
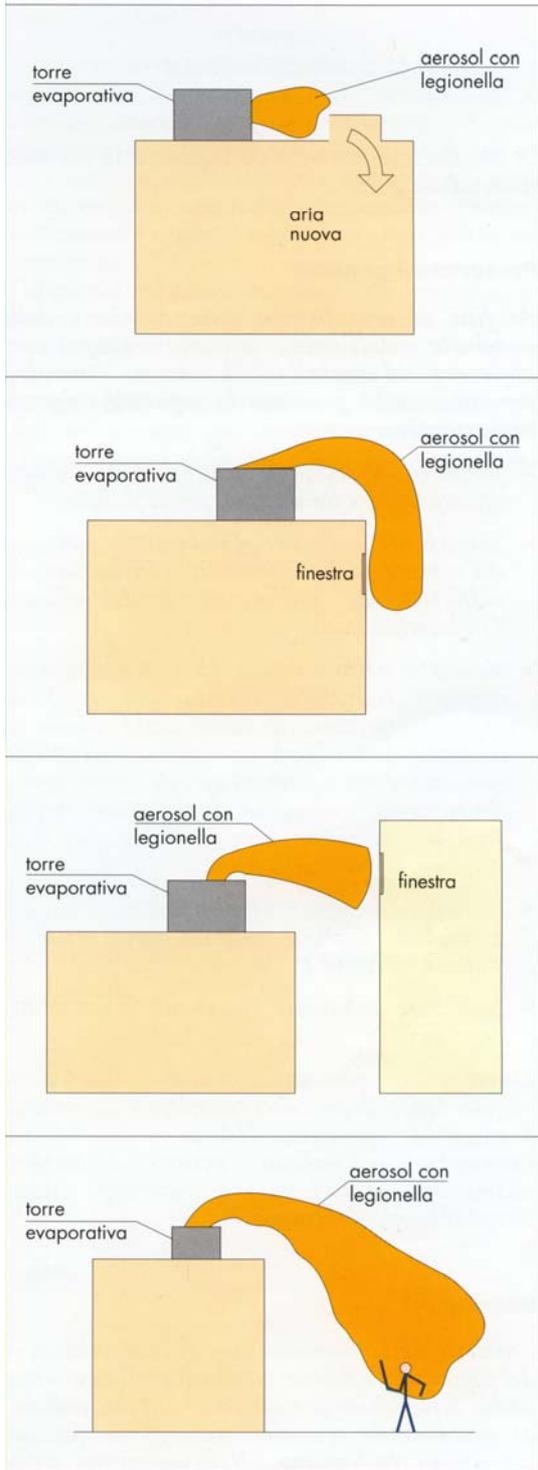


图 6



- 确保冷却塔内部不出现滞水区域;
- 系统停止运行 3 天以上应完全排空系统, 如果不可能, 也必须将滞留的水进行生化消毒。

图 7

## 4.2 空调系统的军团菌预防及消除

要保证良好的洁净的空调通风管道，需要在设计、制造和安装时注意以下一些问题：

- 保证有效排空系统清洗液；
- 避免将保温材料置于风道内，因为清洗保温材料很困难；
- 在通风管道的入口和出口安装的配件（如百页、换热器等）需要有适当的开口，便于清洗；以及合适的接头能适合快速的多次的拆装；
- 伸缩管道使用硬质的材料；
- 末端（如出风口、风压开关）使用可以拆卸型的。

在系统运行时定期检查清洁至关重要。

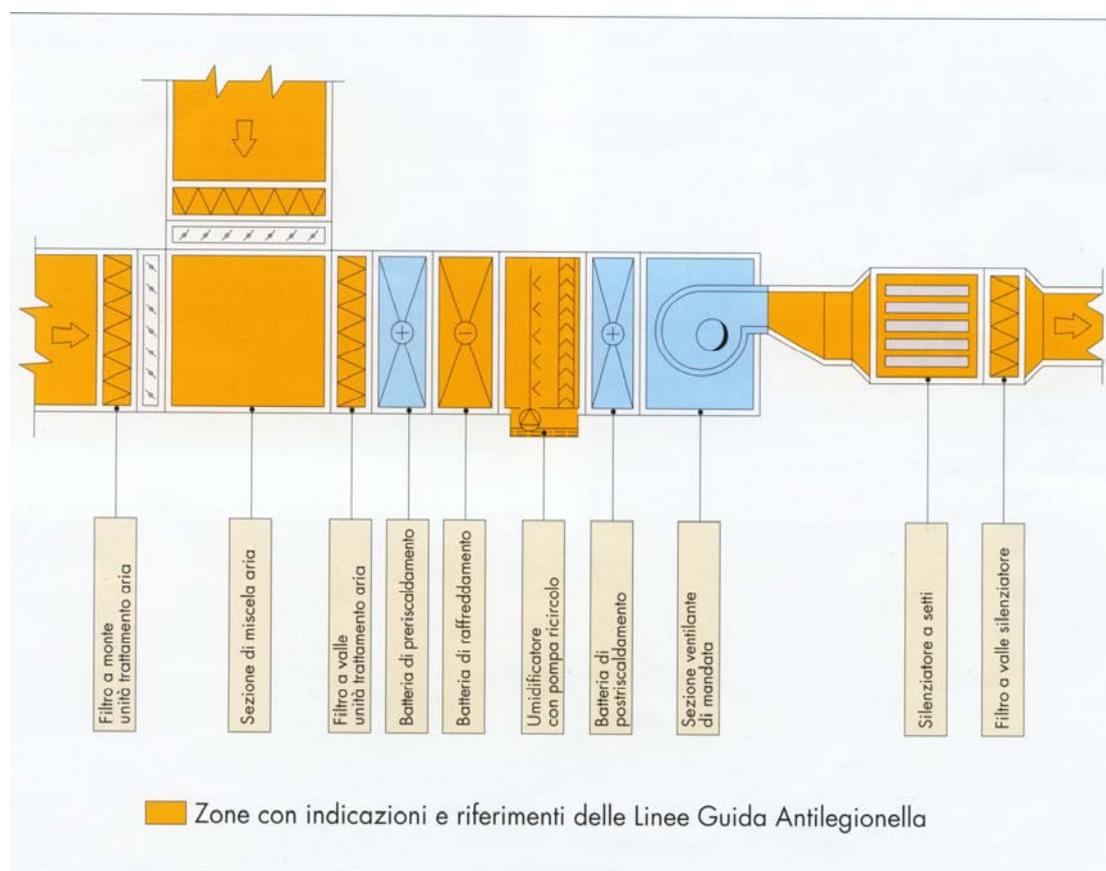


图 8 空调系统中易产生军团菌的部位

### 消音器

消音材料往往是多孔多纤维的，因此易堆积杂质并难于清洗。因此需要对材料表面进行处理以避免此问题，尽管费用会更高一些，但能行之有效。同时需要注意消音器和加湿器之间的距离。

### 室外空气入口

如果是垂直墙壁上没有保护的入风口，其风速设计不能超过 2 米/每秒，并且需要采取措施防止水进入内部。

另外还需要让污染排放的出风口远离进风口。

## 过滤器

一个高效过滤系统的费用远远小于清洁整个系统元件的费用。建议在空气处理单元前面安装 EU7 级别的过滤器，后面安装 EU8/9 级别的过滤器。

## 换热器

换热器因为其内部表面的结垢造成异味的散发，尤其是供暖换热器。为了减少这个问题，特别是在高温情况下，需要经常使用喷淋或吸尘清洗。

在制冷换热状态下，翼翅片表面和凝水盘最容易滋生微生物和霉菌。

因此需要将凝水盘倾斜安装避免滞水，水盘也需要使用防腐蚀材料及便于清洁。

## 室内空气加湿器

需要注意在工作时候不要形成水的冷凝，与水长期接触的部分应该经常清洗及定期消毒。

## 绝热加湿器

喷洒在绝热加湿器内部的水质应定期检测，通过消毒系统或定期的清洁来预防模块负荷增加。

在  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  的潜伏水温时循环水的总模块负荷不能超过 1 百万 Cfu/1 这一标准，如果模块负荷低于 1000Cfu/1，就能完全避免军团菌的产生。

## 风道

对管道内部进行清洁而又不伤及表面的处理材料，可以使用一种特殊的方法：从预留的开口处伸入软管，在软管的末端安装一个喷嘴，喷嘴的喷孔呈不对称状。从软管内输送巨大的压缩风量（到 300 立方米/每小时）。巨大的风量形成一种风力刀片的作用，将管道内壁的杂质清除；不对称的喷孔造成空气的滚动，因此能将管道清洁长度延伸到 30 米。

## 4.3 泳池、温泉、喷泉系统的军团菌预防及消除

### 普通泳池

对于使用软化水的泳池，现行的法规规定活性氯的浓度在 0.7-1.2mg/1 之间。在这个浓度值下军团菌无法生存，但同时仍然需要对泳池的输水管道、循环水管道进行定期消毒，对过滤器定期更换，并且排空泳池进行彻底的消毒（每年至少一

次)。

### 按摩浴池

相对于普通泳池，由于其水温更高，按摩浴池受军团菌感染的可能性更大。而且，使用按摩浴池的老年人比例更多，免疫力较低，受感染的机率更大。

对泳池的细菌消毒可以参考最具权威的亚特兰大疾病控制预防中心（CDC）的如下标准：

	最小值	理想值	最大值
活性氯 mg/l	3.0	4.0-5.0	10.0
组合氯 mg/l (氯胺)	0	0	0.2
溴 mg/l	4.0	4.0-6.0	10.0
PH	7.2	7.4-7.6	7.8

### 温泉设施

温泉浴池或按摩池由于其含有各种矿物质的天然水质而多为保健作用，因此不适合于加入消毒药剂。所以只能在设计温泉系统时避免使用可能导致军团菌的材料（比如一些橡胶密封材料等），在循环系统上减少低流速和滞水区域的出现等。

### 喷泉

喷泉具备了以下几点军团菌滋生的条件：

- 1， 温度：室外的温泉受阳光照射温度升高，室内温泉受灯光、供暖等热源加热水温上升。
- 2， 雾化：喷泉通过机械能将水喷洒在空中形成雾化。
- 3， 养分多：喷泉的水质往往由于设计时出现的滞水区域，以及人为的原因（如抛弃食物垃圾等）造成水质较差。

因此对于喷泉系统首先应注意化学消毒，并且在设计系统时避免滞水区域的出现。

## 5.1 卫生热水系统的军团菌预防及消除

对热水系统中存在的军团菌目前主要通过以下两种方式消除：

- 1, 热冲击 (Thermo-shock), 针对军团菌污染较大的系统;
- 2, 热力消毒 (Thermo-disinfection), 针对存在军团菌隐患的系统。

### 1, 热冲击

将 70-80℃ 的高温水连续 3 天每天从所有水龙头里放出 30 分钟。有些专家建议在这之前将储水箱彻底放空清洗, 并按 100mg/l 的标准加入氯进行消毒。在热冲击过程中, 至关重要是核实滞水区域的水温超过 60℃, 如果不能保证此温度, 热冲击效果很难保证。在此过程结束后, 需要采取水样, 尤其是滞水区域的, 进行细菌实验。如果细菌数超标, 则需要重新进行热冲击。热冲击杀菌后还需要定期进行水质细菌检测。

#### 1.1 热冲击的局限性

##### 管道脱锌

UNI9182 标准的附则 U (有关冷热水系统的设计、调试和维护方面) 规定, 镀锌钢管不能用于输送超过 60℃ 的高温水。

这个规定有其实际道理: 因为高温水带来的脱锌现象会让保护管道的镀锌层降级并脱离管道。因此, 热冲击只适合于完全由铜管、不锈钢管或塑料管构成的系统。

但事实上很多系统都是镀锌管, 尤其是老系统, 其镀锌层质量较差。在这些系统上运用热冲击会完全消除其保护层, 直接影响到水质。而其, 管道内壁脱锌的表层更易于生物膜的附着, 为细菌的发育繁殖创造了条件。

##### 杀菌时间

按 LGA2000 规定的将 70-80℃ 的水温连续 3 天循环, 其实施的可能小较小, 尤其是在医院、诊所、老人院、学校等场合不可能实现, 因为要防止这么长时间内人员免受意外的热水烫伤很难。

##### 结垢

将水温升高到 70-80℃ 会造成严重的结垢, 会因此影响到: 1, 部分或全部的换热器堵塞; 2, 较少管道流通面积; 3, 堵塞调节阀门; 4, 生物膜易于附着; 5, 细菌及微生物的繁衍。

## 2, 热力消毒

热力消毒系统采用双重调节方式：储热水箱由一个温控器将储水温度控制在  $60-70^{\circ}\text{C}$  之间，热水的出水温度由恒温混合阀控制在  $42-44^{\circ}\text{C}$  之间。

在这种情况下，军团菌不可能在储热水箱内部滋生，只可能在热水供水及循环水管道中存在。

对于这部分系统的消毒方式为：通过时间编程器将高温热水直接沿热水管道循环一定时间用于消除军团菌。高温热水输送的时间往往都选择在夜深用水量少的时候，因此又称为夜间消毒。

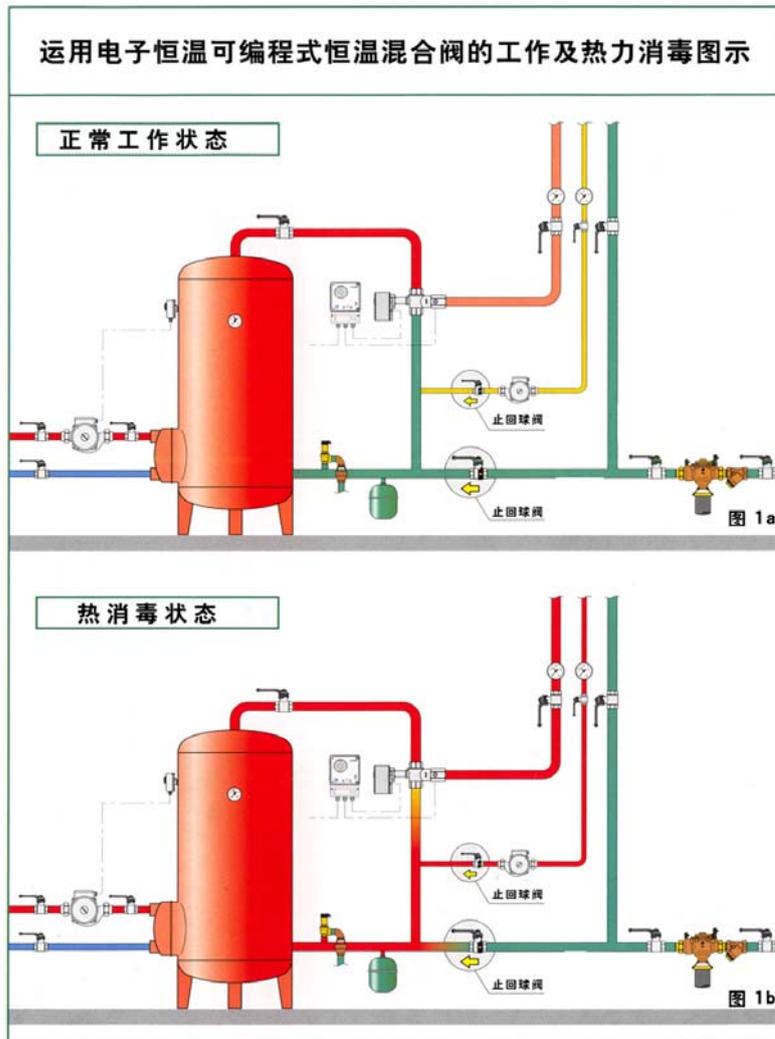


图 1 为使用电子恒温可程式恒温混合阀的工作及热力消毒示意图。

图 1a 表明热水系统正常工作状态：热水箱由其温控器控制在较高水温 ( $60-70^{\circ}\text{C}$ )，电子恒温混合阀通过恒温混合水出水口感温器反馈的信号由电机自动调节高温热水与冷水的混合比例，从而维持出水温度在设定的温度 (通常为  $42-44^{\circ}\text{C}$ )；图中黄色的管道为循环水，用于保证系统的用水点随时都有热水，避免无用水时热水在管道中自然

冷却、造成不必要的浪费和长时间等待热水。循环管道和冷水管道上止回球阀的作用是避免水箱热水加热升压回流。

图 1b 表明热水系统热力消毒状态：电子恒温混合阀根据编程期设定的时间进入杀菌状态，冷水端完全关闭，高温热水直接延热水管道输送，通过循环管道回到储热水箱中，高温热水循环杀菌的时间取决于热水的温度。

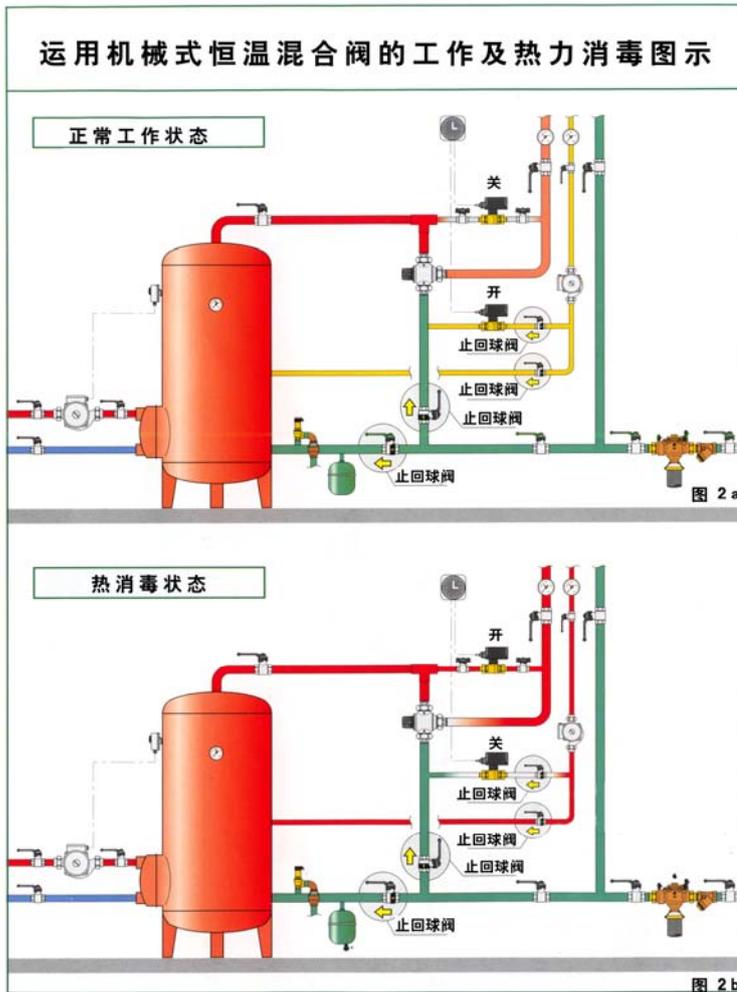


图 2 为使用机械式恒温混合阀的工作及热力消毒示意图。

图 2a 表明热水系统正常工作状态：储热水箱由其温控器控制在较高水温（60-70℃），恒温混合阀通过恒温出水口感温元件的膨胀及收缩自动调节高温热水与冷水的混合比例，从而维持出水温度在设定的温度（通常为 42-44℃）；图中黄色的管道为循环水，用于保证系统的用水点随时都有热水，避免无用水时热水在管道中自然冷却、造成不必要的浪费和

长时间等待热水。循环管道和冷水管道上止回球阀的作用是避免水箱热水加热升压回流。在恒温混合阀高温入水的旁通管和循环回水旁通管上分别安装了两个电动球阀，由计时器控制。系统正常工作时，高温水旁通的电动球阀关闭，循环回水旁通管的电动球阀开启。

图 2b 表明热水系统热力消毒状态：当计时器设定的杀菌时间到达时，高温水旁通管的电动球阀开，循环热水旁通管的电动球阀关。这样，高温水不经过恒温混合阀，而是由旁通管直接进入系统通过循环管道回到储热水箱，同样，高温热水循环杀菌的时间取决于热水的温度。

## 2.1 热力消毒的局限性

在讨论其局限性之前我们首先需要对热水系统的构成进行分类（见图 3）：

- 1, 一次系统（或者称为供水系统），即将热水输送到用水点的管道系统，与冷水系统相同。

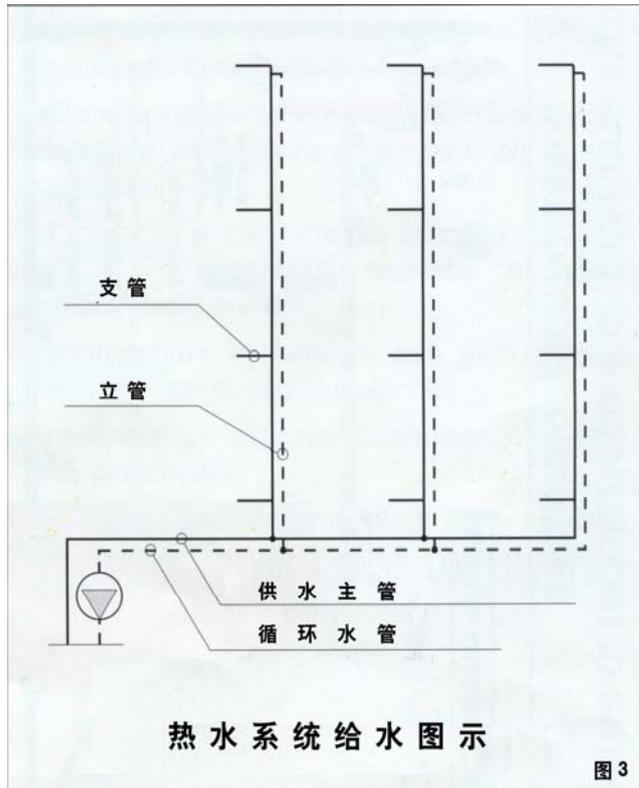
2, 二次系统(或者称为循环回水系统),用于保持热水循环温避免无用水时热水在管道内

停滞和自然冷却。正是由于有循环回水系统才有实现夜间热力消毒的可能性。

### 热力消毒不能达到的支路

从图3中能看出,从立管上分出的支管没有进入循环系统,因此也就没有进入夜间消毒系统。这些管道实际为滞水区域,当管径大于3/4"且长度超过3米时,夜间热力消毒对这一段将不起作用,军团菌有可能会产生。

### 热力消毒不能达到的主管区域



热水循环管路通常按热水供水温度与最远端龙头用水温度 2℃ 的温差设计,这个数据大约对应供水温度与循环回水温度 4℃ 的温差值。如果供水温度在 60℃,回水温度就应该在 56℃ 左右。

但实际上系统内的温差往往大于理论上的温差值,系统内会有大量区域温度低于 50℃: 也就是说低于能够杀灭军团菌的温度。

理论设计值与实际数据的偏差主要有两个原因:管道不合理的保温和循环水管路水力不平衡。

不合理的保温指保温材料厚度小于设计厚度,或者保温材料质量不合格,这样会导致热水在循环管道中冷却速度加快。

循环水管路水力不平衡会表现在近端的立管流量大,远端立管流量小,因此远端冷却速度更快。

图4为我们从一个运用了夜间热力消毒的老人院热水系统中收集的实际数据:热水系统由10个立管、分布在4层的96个用水点组成。采集的数据为夜间室外-2℃,杀菌供水60℃时各立管的供回水温度。从图中看出,远端的部分立管供水及循环水温度均低于50℃。



## 2.2 热力消毒的优点

尽管热冲击和热力消毒有其局限性，但我们也不能忽视其以下突出的优点：

- 1, **无污染**：不需要加入任何化学药剂——其剂量及添加方式很难控制。这一点非常重要，因为在生活热水系统中，饮用水质必须得到保障——其生化、物理、化学、微生物指标需要符合现行的标准。
- 2, **监控方便**：比如说，需要了解某一段水路的热力消毒情况，只用安装一个温度表就可以，而化学处理就复杂很多。
- 3, **杀菌可靠**：从前面的水温与军团菌存活的关系图可以看出，通过高温杀菌的方式非常可靠。

因此对于热力消毒方式我们需要特别关注和重视。

我们尤其应该把热力消毒的方式发展成为连续性的消毒方式，即能够随时方便地进行操作，选择每天的某一时段，比如夜间，将供水温度高于 50℃ 延管道循环消除军团菌。

目前世界上开始关注军团菌问题的国家也正是按这种连续性热力消毒的方式在制订相关的法规和发展相应的技术。

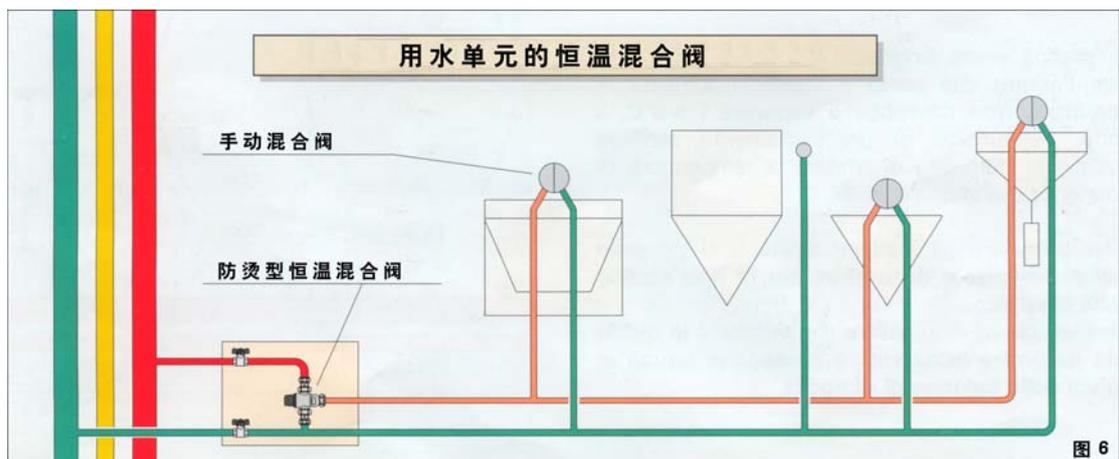
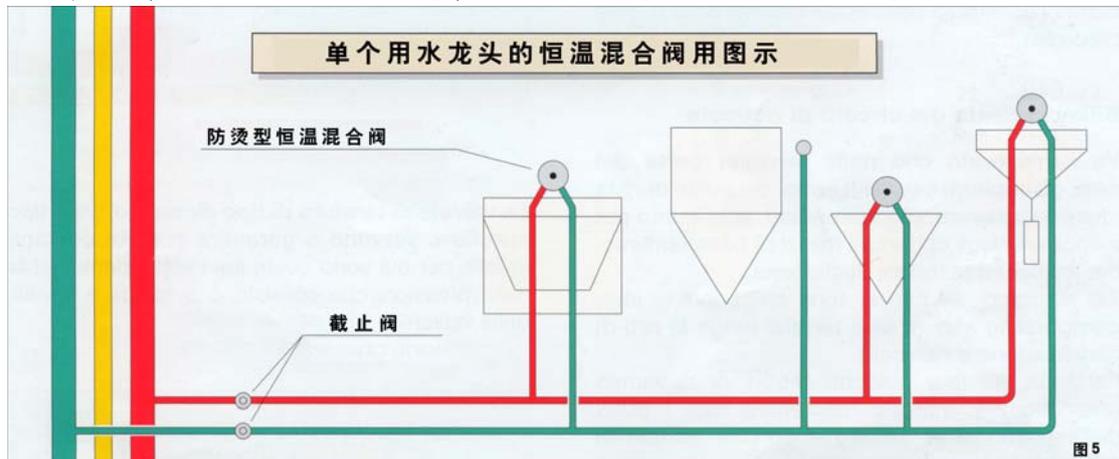
## 3, 连续性热力消毒

我们接下来将逐一分析连续性热力消毒的可行型，我们分别从新建系统和已建系统两种情况分析：

### 3.1 新建系统的连续性热力消毒方式

在设计和实现新的系统时，以高于 50℃ 的热水为原则，同时需要考虑到安全和节能，以下的为一些具体的措施：

- 实现双重调节方式：即储热水温和供水温度可独立调节，并且实现夜间消毒的可能性。
- 靠近用水龙头的地方安装防烫型恒温混合阀。
- 在设计供水与循环水管道时尽量减少滞水区域。
- 将管道流速提高，这样能防止生物膜的附着。
- 对冷水进行软化处理，这样会较少加热时水垢形成，有效避免细菌的发育。
- 使用内胆经过防垢处理且耐高温的储热水箱。
- 使用质量好且加厚的管道保温材料。
- 将循环管路的设计温差减少：供水温度与最末端用水温度温差为 1℃ 来设计。
- 实现有效的循环水路平衡。
- 在立管的下端安装温度表，能迅速直观地检测温度。



这里需要特别强调的是远端防烫型恒温混合阀的使用方式：因为使用了防烫型恒温混合阀，所以能将管道的水温提高到 50℃ 以上；恒温混合阀可以选择安装在每个用水龙头前面，或者每个用水单元（通常由 3-4 个用水龙头组成）前面，当然这取决于用户的经济条件。通过这种方式能较少滞水的区域，也就是减少军团菌产生的可能性；每个国家对于滞水区域的长度规定不一：比如英国为 2 米以内，法国为 3 米以内。

### 3.2 已建系统的连续性热力消毒方式

将已建系统改造为连续性热力消毒方式并不容易，因为其内部存在的不合理设计的地方、运行时间长以后造成的流通截面缩小等各方面原因。但是总能找到合适的解决方案，这就需要对系统进行仔细的分析、设计以及凭借丰富的经验来完成。以下为一些具体的措施：

#### 双重调节

如同新建系统一样，需要对储热水温和热水供水温度做到各自独立的调节，并且实现夜间消毒的可能性。

#### 循环回路的平衡

需要承认的是，现行的系统中大部分都严重存在水力不平衡：因为系统中没有设置平衡阀或者平衡阀失调。

这种情况会导致供水系统及循环系统的温差增大，部分区域温度低于 50℃ 这一安全杀菌温度。当没有用水的时候，供水温度与循环水温度的温差还会增大。所以需要在循环回水管道上面安装平衡阀平衡流量，保证温差在 2℃ 以内。

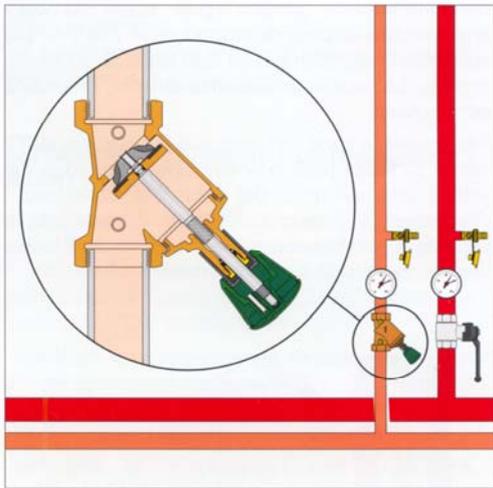


图 7

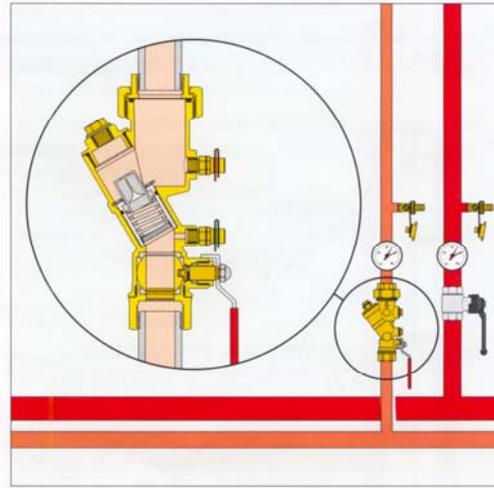


图 8

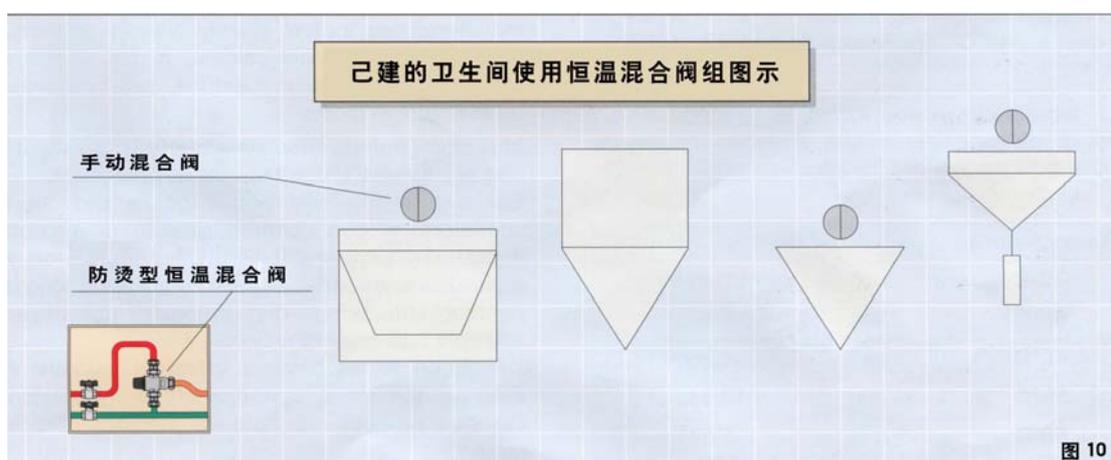
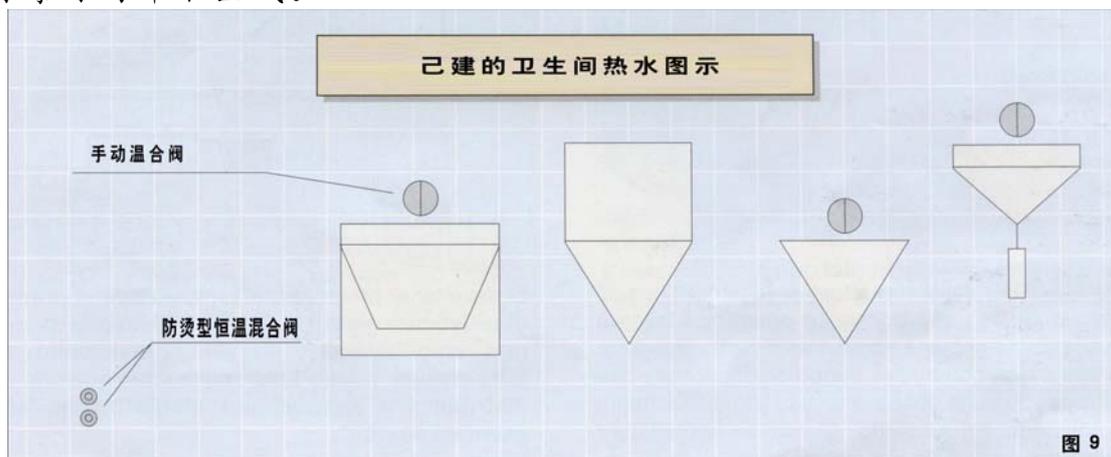
平衡阀分为静态和动态两种形式，如图 7, 8 所示：静态平衡阀需要相应的辅助仪表进行调节并且要防止人为失调，而且在系统增加或减少立管时需要重新调节；动态流量平衡阀属于自立式调节，不需要调试，只要系统的压差范围在其工作范围之内流量都不会有任何改变。

#### 循环水泵

需要核实已建系统的热水循环泵是否能提供足够的流量，这样才能减少温差。如果不能，则需要对水泵进行更换。

## 远端恒温调节

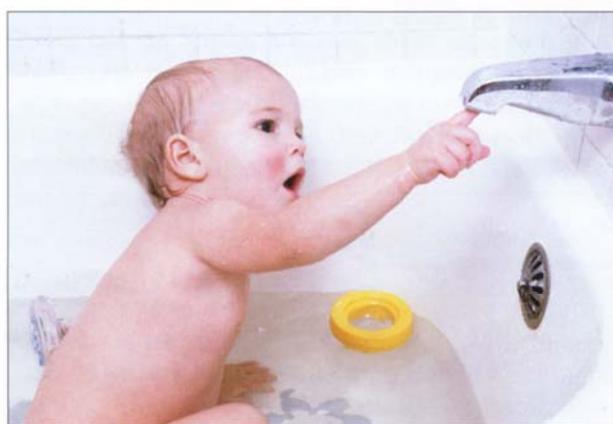
选择最靠近用水点的地方安装防烫型恒温混合阀，这样能减少热力消毒时的滞水区域。



在已建系统的每个用水龙头安装防烫恒温混合阀较为困难，可以使用图 9, 10 的单元安装方式，在每个卫生间冷热水入水口安装恒温混合阀。

## 4, 烫伤危险

在卫生热水系统中，除了军团菌的潜在危害外还有烫伤的危险：尤其是对于老幼病残这一群体。



数据表明，在法国，5岁以下儿童烫伤中热水烫伤的比例占到 1/3，约每年 500 例。这些烫伤往往会留下终生的残疾。

90% 以上的水烫伤都是使用浴缸或淋浴。典型的情况是未成年人或行动不方便的人直接进入高温水的浴缸，或者在淋浴时不小心将龙头碰到全部的热热水部分。

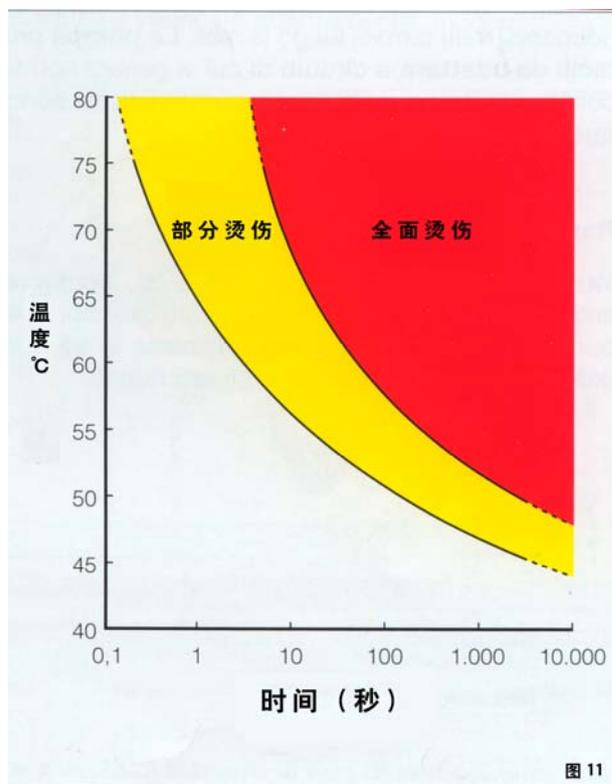
以下是各种用水龙头避免烫伤的最高可行温度：

洁身器：38℃； 洗手盆： 41℃； 淋浴： 41℃； 浴缸： 44℃

以下图表为水温及接触时间造成 2 级烫伤的数据：

水温	成年人	0-5 岁儿童
70℃	1 秒	---
65℃	2 秒	0.5 秒
60℃	5 秒	1 秒
55℃	30 秒	10 秒
50℃	5 分钟	2.5 分钟

图 11 更为详细地表明了水温、接触时间与烫伤之间的关系，这个图表主要针对年人。



在使用了恒温混合兼夜间热力消毒的热水系统中，唯一存在烫伤的可能就是在夜间高温热力消毒时用户直接打开了热水龙头。而热力消毒又是有力杀菌的方式，因此需要在单个的用水龙头或用水单元前加装限制高温的元件防止烫伤。

#### 恒温水龙头，带温度限制器

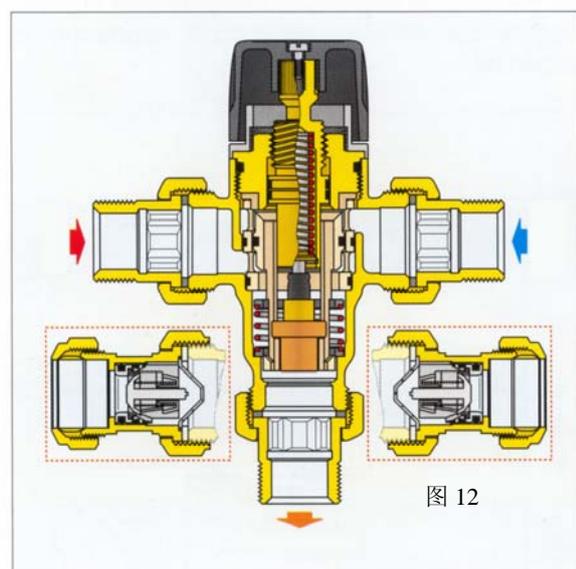
能在冷热水压力、温度、用水量变化的情况下自动调节并恒定出水温度。可以锁定最高出水温度并防止人为失调。

#### 防烫性恒温混合阀

其工作原理与恒温水龙头一样，但性能更加突出：能在冷水中断时自动关闭出水，冷热水工作压力差值更大，更重要的是能适合于连接多个水龙头（见图 12）。

要具备以上出色的性能，恒温混合阀必须符合以下特征：

-活动部分（活塞、阀座、阀杆等）表面进



行了防垢处理；

-低惰性热敏元件；可更换型阀芯；

-容易调节、带安全温度锁定的功能。

为了让恒温混合阀工作性能更加稳定，建议在冷热水入水口安装止回阀及过滤网：止回阀避免反向水流产生，过滤网能有效保护阀芯长期使用。

## 自动限温器

自动限温器均安装在水龙头出水口，如图 13 所示：当出水温度超过设定温度时（ $47 \pm 1^\circ\text{C}$ ），限温器自动关闭。

自动限温器主要运用在饭店、学校、运动场馆等公共建筑。当进行夜间消毒时，为避免意外开启热水龙头造成烫伤，因此在每个用水龙头出口安装自动限温器。

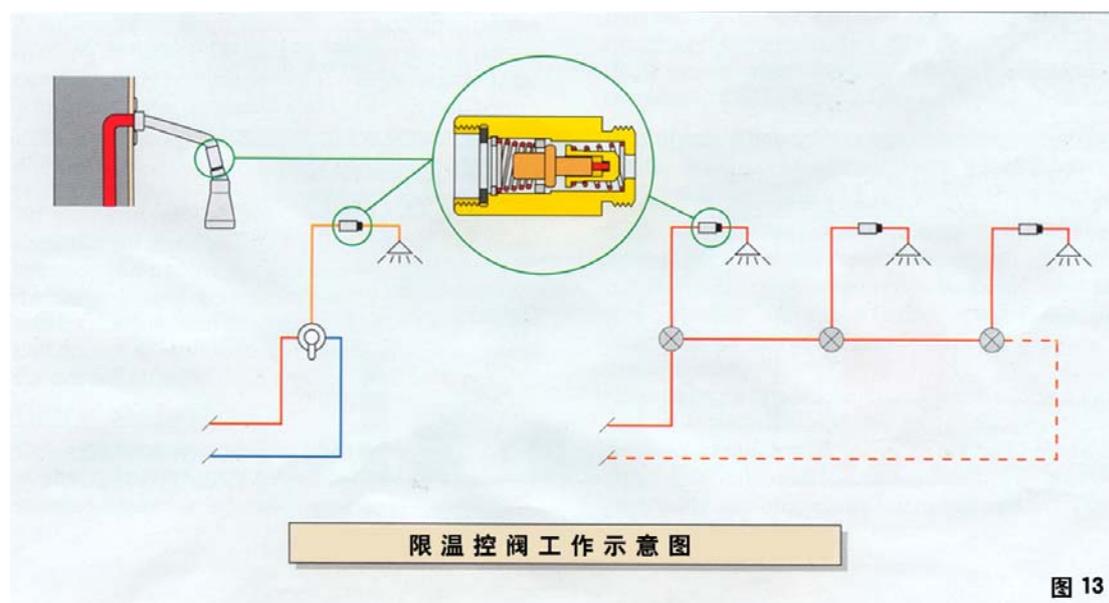
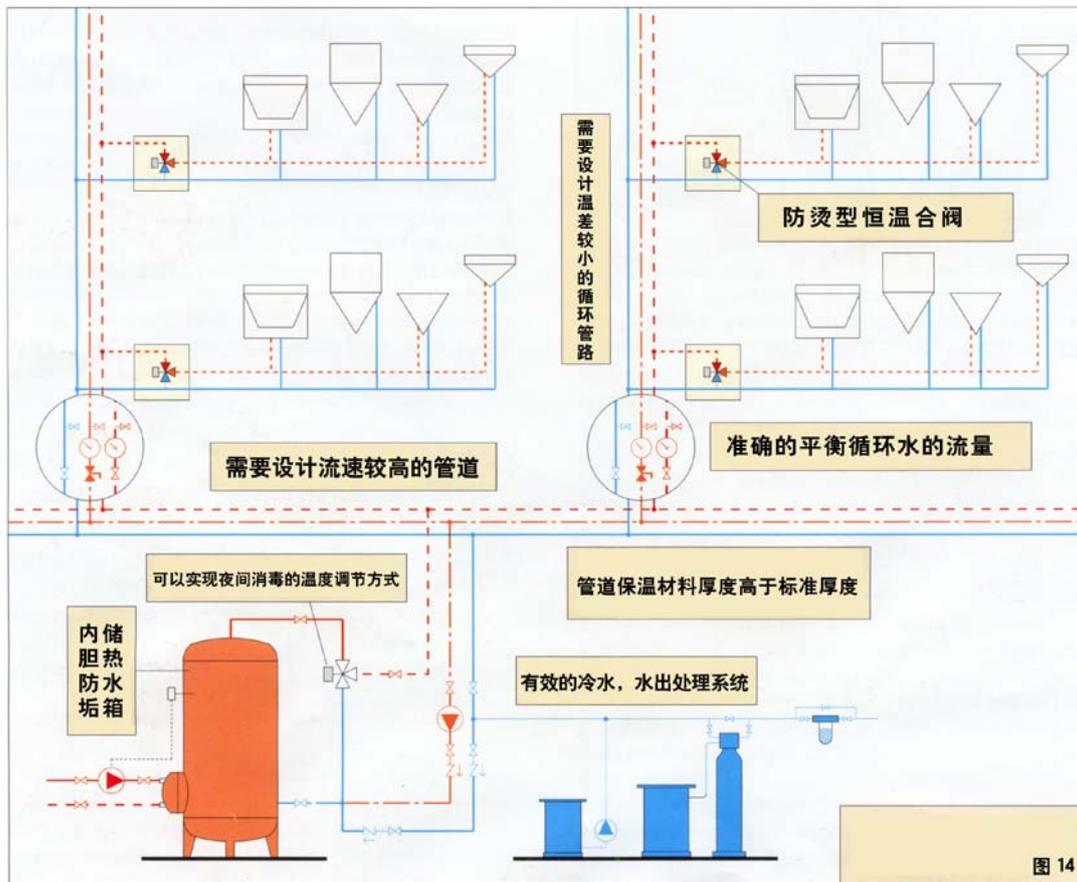


图 13

## 总结

近些年来，军团菌作为一种新型的病菌越来越得到广泛的认识，欧美国家已经相应制定了各种卫生消毒标准，以消除卫生热水系统中存在的军团菌。

运用连续性热力消毒杀菌的方式得到验证是行之有效的；但是在运用热力杀菌时需要随时考虑到烫伤的危险。下面的图示为一个中央热水系统供应及热力消毒的示意图，对于用户在设计 and 安装有指导性的作用。



参考文献: Dossier Legionella---Marco & Mario Doninelli