

本刊特稿

**编者按** 李娥飞设计大师 1958 年毕业于原苏联列宁格勒建筑工程学院, 现任中国建筑设计研究院副总工程师, 享受政府特殊津贴。从 20 世纪 50 年代至今, 负责、参与了多项民用重点工程项目设计, 如北京火车站、北京国际饭店、乌兰巴托百货大楼、蒙古迎宾馆、人寿大厦、北京奥运会主体育场(鸟巢)等; 参加了《采暖通风与空气调节设计规范》《建筑设计防火规范》《全国民用建筑工程设计技术措施 暖通空调·动力》的编制和修订; 撰写了《暖通空调设计通病分析》专著; 翻译了《变风量空气调节系统》《(原)苏联暖通空调设计规范》《俄罗斯医疗及疾病预防建筑暖通空调系统设计的一般要求》。李娥飞设计大师是中国建筑学会暖通空调分会名誉理事、《暖通空调》杂志编委。

几十年来, 李娥飞总工一直从事暖通空调工程设计和审查工作, 积累了丰富的工程设计经验, 具有很强的解决实际工程问题的能力。为此, 本刊特邀李娥飞总工撰写了《工程设计通病及解决办法》系列文章, 涉及供暖系统、防排烟系统、通风系统、空调系统几大部分, 将在“本刊特稿”栏目中陆续刊出, 敬请关注。

# 工程设计通病及解决办法: (1) 机械循环热水供暖系统

中国建筑设计研究院 李娥飞<sup>☆</sup>

**摘要** 结合多年的工程经验, 从热源、热网到热用户的各个环节分析了机械循环热水供暖系统存在的问题及主要原因, 归纳了系统不热时的检查顺序, 详细介绍了查找系统堵塞的方法。

**关键词** 供暖系统 机械循环 堵塞 热源 循环水泵

## Common faults of engineer design and solving methods: (1) Forced circulation hot water heating systems

By Li Efei<sup>★</sup>

**Abstract** Based on the author's engineering experience, analyses the problems existed and causes of the system from the heat source, heat supply network to heat user, summarizes the checking sequence for insufficient heating of the system and presents in detail the method of finding plugging of the system.

**Keywords** heating system, forced circulation, plugging, heat source, circulating pump

★ China Architecture Design & Research Group, Beijing, China

### ① 1 主要原因

#### 1.1 热源处存在问题

如果是由锅炉房供暖, 则应从锅炉房查起, 检查锅炉的抽力及锅炉燃料燃烧所需的空气量。锅

①<sup>☆</sup> 李娥飞, 女, 1933 年 10 月生, 大学, 教授级高级工程师, 副总工程师  
100044 北京市西直门外车公庄大街 19 号中国建筑设计研究院  
(010) 88328089  
E-mail: lief@cadg.cn  
收稿日期: 2012-10-19

炉运行时,若燃料燃烧很好,司炉也到位,但锅炉中的水温却上不去,导致供暖系统的散热器散热不足,这种情况经常是由锅炉的抽力不足或燃烧所需的空气量不够造成的。如果不是以上两个原因,那就是锅炉的容量小了。

锅炉的抽力不足可能由以下原因引起:

- 1) 风的作用。冷风入侵,降低了烟气(烟囱内)的温度。
- 2) 烟道、烟囱内吸入空气,增加了阻力。
- 3) 烟道、烟囱的尺寸不够大。

应当注意,为了使烟囱不倒灌,烟囱的出口至少应比建筑物的屋脊高 1 m。为了保证有足够的空气量,锅炉房内进风口的总面积不应小于总烟道的断面积。

如果正常燃烧,但锅炉内水的温度升不高,那就是所选锅炉的容量小了。这种现象多是由于增加了新的建筑物,而既有锅炉房的供热能力不足。此时应计算校核锅炉的容量,一般可用下式计算:

$$F_K = \frac{1.2Q_K}{K} \quad (1)$$

式中  $F_K$  为锅炉供暖面积,  $m^2$ ;  $Q_K$  为锅炉房的热负荷,  $kW$ ;  $K$  为锅炉加热表面的单位面积散热量,  $kW/m^2$ 。

## 1.2 循环水泵工作不正常

笔者对多个锅炉房的运行情况研究发现,常见的循环水泵问题有:

- 1) 水泵的叶轮倒转。这是因为水泵电动机接线有误,这样水泵就不能为供暖系统提供应有的水量和压头。
- 2) 水泵的转速低于设计值。若是皮带传动时,可能是水泵的传动轮与电动机的传动轮直径不匹配或是皮带太松;而当泵与电动机直连时,是因为电动机的转速低,使水泵转速降低,造成其水量和压力都达不到系统正常工作的要求。

3) 水泵旁通管上的闸阀开着或漏水。这时有一部分水回流,使系统中水量减少,造成散热器的散热量不足。

4) 循环水泵运行达不到样本中给出的数据,在设计转速下水泵的水量和压力都满足不了系统的要求。

5) 设计时循环水泵选择不当,水泵的水量和压力均保证不了正常循环。

## 1.3 供暖供水管和回水管直接连接,膨胀水箱接法不对

如图 1 所示,供回水干管有共用的补水和泄水管,此时如果阀门  $A_1$  或  $A_2$ ,  $B_1$  或  $B_2$  开启,只有 C 和 D 关闭时,就意味着将分水器 and 集水器连在了一起,供回水短路,造成系统不热。

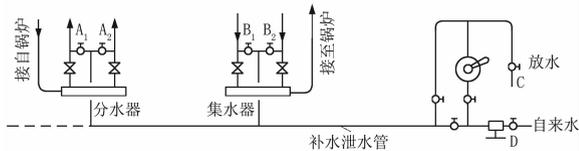


图 1 供水管和回水管直接连接

膨胀水箱按图 2 连接时,膨胀管与循环管的管径越大,则环路  $ABCDEF$  中的循环水量就越多,会影响系统的正常循环,所以这种连接法显然是错误的。正确的接法应当是膨胀水箱只与 D 点连接。

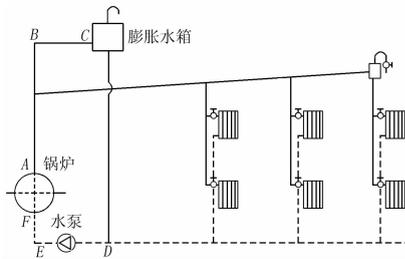


图 2 膨胀水箱错误连接

## 1.4 系统中未充满水

在上供下回系统中,若系统未充满水,则系统不能循环或最远处的立管不循环,这要看水充满的程度。如图 3 所示,当水位在 I-I 位置时,整个系统不循环;当水位在 II-II 位置时,最远的立管不循环,当然散热器就不热。

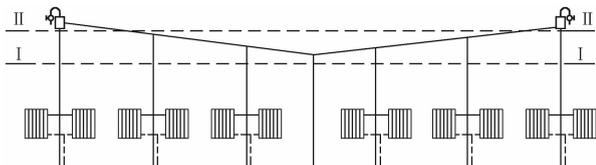


图 3 上供下回系统中未充满水

在下供下回系统中,若系统未充满水,则上层散热器全不热或最远立管的上层散热器不热,如图 4 所示。

## 1.5 双管系统中散热器前缺少关断调节阀门

散热器前不装关断调节阀门会影响双管系统的工作,因为不能调节经过散热器的水量,因而离

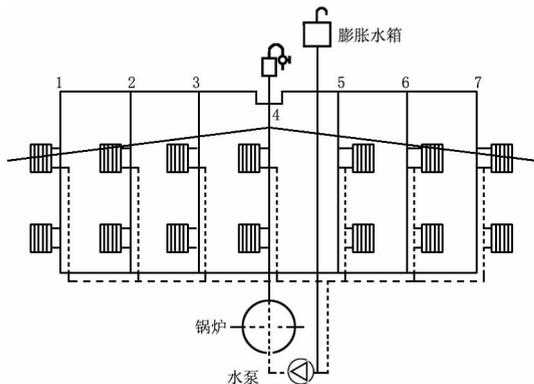


图4 下供下回系统中未充满水

入口越近,散热器的水流量越大,而其他远离入口处的散热器中的水流量就要减小。当一个散热器上未装闸阀时,会影响几副立管的正常工作。如图5所示,散热器A处无阀门,其水循环量大,因此影响了连接在立管2,3,4上的散热器的水循环。如果在立管1上安装阀门进行调节,则散热器A的影响可减小,只对其所在立管的第二个散热器有影响。

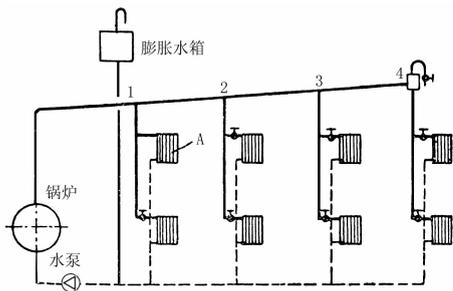


图5 散热器前缺少阀门

如图6所示,在下供下回同程式系统中,立管2上边的散热器A处无阀门,经过该散热器的水流量大,造成该立管上其他散热器的循环流量不够。

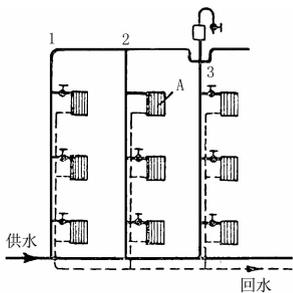


图6 下供下回同程式系统缺少阀门

在水泵循环的异程式系统中,首先要在每副立管上安装阀门,只有最末一副立管上可以不装,另外在散热器前为便于所在立管的调节也都应装阀

门。自然平衡最佳的系统是下供下回同程式系统,这种系统一般都不用调节。

### 1.6 下供式系统空气管中水循环

在下供式供暖系统中,如果空气管中的环形封弯设置不正确,会造成水在空气管中循环,影响散热器中的水量。为此在空气管上设一个环形水封,以堵住空气,但实践中有时效果不好,因为当空气管中的环形水封位置低于膨胀水箱时,空气很快就会被循环水挤走。

如图7所示,如果环形封管 ABCD 造成水封,空气过不去,散热器和系统内的空气排不出,就会影响正常循环,造成系统供热效果不好。正确的接法如图7a所示。

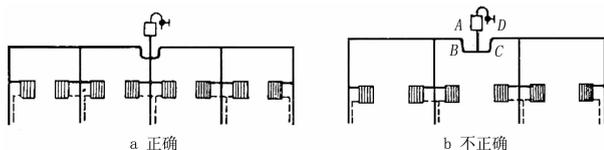


图7 环形封管的接法

### 1.7 立管与干管连接不正确

下供式系统安装时,有时将供水立管与回水干管相连,而回水立管与供水干管相连,此时在连错的立管内会产生倒循环,即散热器内水流为下进上出,散热量减少。早在20世纪50—60年代,北京西单电报大楼的供暖系统就发生过立管与干管连接错误的问题,结果是散热效果不好。

有时支管也会出现同样问题,即散热器的供水支管连在回水立管上,而散热器的回水支管却连在供水立管上。

### 1.8 空气滞留与气塞

空气是和水一起进入供暖系统的,因为它溶于水。系统初次充水及以后的补水都会带入空气,另外系统如果充水太快,也会造成部分空气来不及排掉。

当系统中的水被加热时,水中溶解的空气将释放出来,呈气泡状。因为空气比水密度小,故空气会聚集在系统的上部,占据最高位置。为了保证系统正常工作,充水时已有的空气和加热时放出的空气都必须排入到大气中。如果空气不能顺利排出,则它将积存在管道和散热器中,形成气塞,影响供暖系统中水的正常循环。

在自然循环的供暖系统中,水的流速较慢,带不走空气,因而空气常停留在最高点处。因此在这

种系统中空气的排出基本上靠正确的坡度,使空气从膨胀水箱中排出。

在机械循环的供暖系统中,管道中水的流速较快,不论是倾斜管还是垂直管中,水都可以带着空气走,所以在机械循环系统中空气的排除应当是:空气泡沿水流方向运动,最后集中到集气罐中。如在上供下回系统中,干管应“抬头”至最后一副立管,在其上应设集气罐,如图 8 所示。

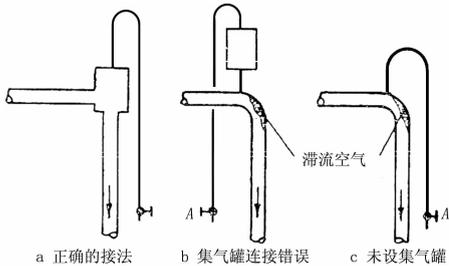


图 8 集气罐的接法

因为机械循环系统中水的流速快,所以集气罐应为通过式,否则空气可能被水带走,到不了集气罐中,而会经干管引入立管中。相关研究表明,当水的流速大于  $0.15 \text{ m/s}$  时,在水平管道和倾斜管道中气泡不会上升,而是和水一起流动;如果水的流速大于  $0.25 \text{ m/s}$ ,立管中也会出现这种情况。

1) 反坡。如果连接散热器的支管坡度反了,会有部分空气滞留在散热器中,如图 9 所示。

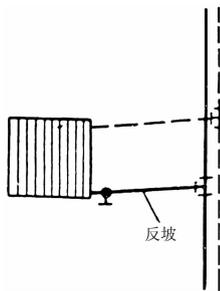


图 9 支管反坡示意

2) 空气袋。管道在垂直面上弯曲或与散热器连接不正确都可能产生空气袋。管道可以向上弯曲,也可以向下弯曲,如图 10 所示。

圆翼型散热器连接不正确也会出现空气袋,当该散热器与管道用法兰连接时,其上部往往会存气,从而减少散热量,且泄水后下边存水,见图 11。

3) 系统充水不正确。为了能将空气全部排出应慢慢上水,而且必须从回水管上水,如果上水速度太快,则会出现立管好似比散热器先充满水的情

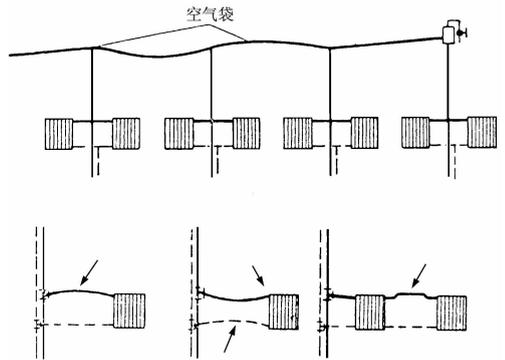


图 10 空气袋示意

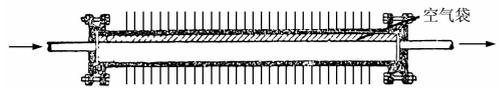


图 11 圆翼型散热器存气示意

况,因为散热器比管道的水容量大很多。在充水前必须把所有的阀门打开,这也是为了彻底排气。另外,系统补水时应停泵,使空气能上升至集气罐中。

1.9 膨胀水箱安装不正确时系统中的水能沸腾,空气进入系统

膨胀水箱一般均连接在回水干管上,因为水泵运行时一端为压出端,另一端为吸入端,吸入端至与膨胀水箱连接点的管段全为吸入管段,而从该点至压出端的管段全为压出管段。膨胀水箱的连接点称为恒压点,因为开泵与停泵时该点的压力不变,该点是压出管段和吸入管段的分界。

在供暖系统中,有时有的管段会处于负压(低于大气压)状态,此时既可能有空气进入系统,也可能有水的沸腾发生,这都将影响系统的正常循环。为了避免这些危害,膨胀水箱应连接在回水干管上水泵的吸入口前。这种连接使得系统全为正压段运行。

当机械循环供暖系统只服务于一个建筑物时,膨胀水箱有时会连接在供水主立管上。

1.10 从冷房间通过的管道保温效果不好

保温效果差,沿途水的温降大,至最末立管时供暖效果就会不好。在低于  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  的热水供暖系统中,管道的保温层厚度一般应在  $40 \sim 50 \text{ mm}$  左右。

1.11 供热管沟中泡水

管沟中出现的水有时是地表水,有时是地下水,这种情况会破坏管道保温层,并且将管沟内的水加热,会使供暖的热量损失在输送过程中,当然

建筑物内散热器的供热效果就变差了。

### 1.12 补水管未装单向阀

当系统的补水管(自来水管)上未装单向阀时,供暖系统的水会流入自来水管中,所以必须在自来水管上装止回阀。

### 1.13 供暖系统未调节好

系统调节不佳的表现为有的环路流量大,有的环路流量小,即系统不平衡。在异程式系统中,未调节平衡就会出现末端立管根本不热的情况,所以不论设计还是施工安装都要注意。在干管中有时存在计算中未考虑到的局部阻力(如弯管、法兰或管箍连接时管子头凸出等造成的阻力),使得实际的阻力不平衡就比设计计算值大很多。

### 1.14 管道不正确的丝扣连接增加了阻力

如图 12 所示,长出的丝扣造成很大的水阻力,可能会使散热器 2 完全不热或只微热,且还会造成立管阻力加大。这种情况不只发生在连接散热器的支管上,也可能发生在立管与干管的连接处。

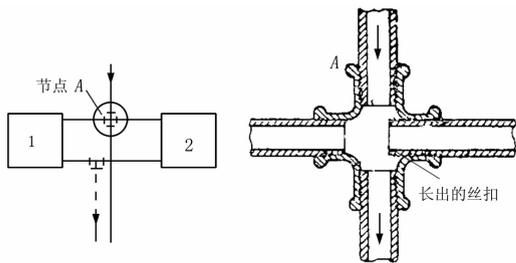


图 12 管道丝扣连接过长

### 1.15 堵塞

#### 1.15.1 产生堵塞的原因

热水供暖系统供热效果不好,常见原因是其安装时造成了系统堵塞。从实践可知,有很多情况系统是被泥土、砂子、建筑垃圾所堵,这些东西来源于散热器或锅炉;甚至还有工人施工时丢弃在管道中的手套、夹子之类的杂物等。

#### 1.15.2 安装时防堵的措施

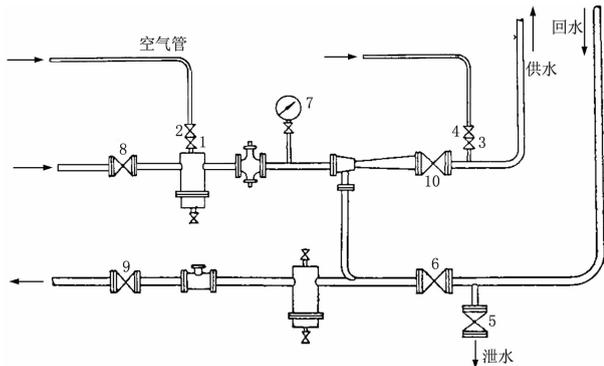
1) 管道与散热器到工地后应放好,不能让土、砂等杂物进入其中。

2) 安装前仔细检查其中有无杂物,如有则将其清出。

3) 焊接后将管道内部清洗干净。

#### 1.15.3 系统冲洗

系统投入使用前要全面冲洗两三次,首先使用压缩空气冲洗,做法如图 13 所示。水冲洗时流速



1 阀门,装在除污器上 2,4 止回阀,防止水流入空气管 3 阀门,与水管连接 5 泄水阀 6,8~10 闸阀 7 压力表

图 13 系统冲洗示意图

不得小于  $1.5 \sim 2.0 \text{ m/s}$ 。

## 2 机械循环热水供暖系统不热的解决办法

### 2.1 检查每个运行的系统,查找不热的原因

对每个运行的系统逐个检查,检查顺序如下:

- 1) 系统是否充满水;
- 2) 锅炉房的设备(锅炉、水泵、鼓风机等)是否符合设计要求;
- 3) 烟囱的抽力是否足够,助燃空气是否充足;
- 4) 循环水泵是否能提供足够的压头;
- 5) 旁通的阀门和不运行水泵的阀门是否密闭;
- 6) 供热干管中的水有无不经散热器就回到回水管的现象;
- 7) 膨胀水箱连接是否正确;
- 8) 散热器的调节阀是否齐全;
- 9) 下供系统中的排气处理是否到位;
- 10) 立管与干管连接是否正确,有无供水立管与回水干管连接的情况;
- 11) 排气装置是否正确;
- 12) 管道保温好不好;
- 13) 管沟中有没有水;
- 14) 供暖水有没有流入自来水管;
- 15) 供暖系统有没有调节平衡;
- 16) 供暖系统中是否有堵塞或有其他附加阻力。

### 2.2 查找供暖系统中堵塞的方法

多年的工程经验发现,系统堵塞多发生在管道狭窄的地方,此外也常发生在管道拐弯处和流速迅速降低的位置,因此堵塞应在下列位置查找:

- 1) 阀门处;

- 2) 从大管到小管的变径处;
- 3) 三通和十字管处,特别是小管道上;
- 4) 管箍和管接头处;
- 5) 混水器处;
- 6) 半径小的弯头处,特别是小管径时;
- 7) 散热器和锅炉内(因为流速迅速降低,水中所含的杂物会被放出);
- 8) 离心水泵内。

当然在现实中,不可能拆开系统来查找堵塞,因此要确定最有可能堵塞的地方,定出要拆开的管段,这就要按下述方法考虑:当有立管或散热器不热时,堵塞可能发生在供水或回水管内,造成循环被阻;全部堵死应在管子热和不热的交界处查找,未全堵死的查找就比较麻烦。干管中的堵塞常靠压力表来找。

### 2.2.1 双管系统中立管堵塞的查找方法

如该立管非最末一副立管时,有以下几种具体情况。

#### 1) 下供下回系统

① 某个立管的上边两层的散热器不热,这时可在2层和3层之间的管段1与2中查找,如图14a所示。如果是在管段3,4处不完全堵塞,水量将减小,最不利的是下边的散热器。

② 在某立管上,2层的散热器不热,此时堵塞只可能发生在支管上(1,2,3,4处),如图14b所示,因为如果堵在立管处,则以上散热器均应不热。

③ 立管所带散热器全不热,此时应在管段1和2中查找堵塞,如图14c所示。

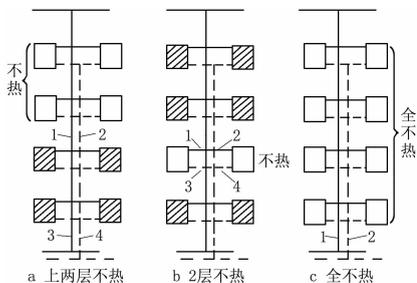


图14 下供下回系统中管道堵塞时散热器不热的情况

#### 2) 上供下回系统

① 下边两层散热器不热,这种情况下最有可能的是供水立管的管段1处发生了堵塞,即2,3层之间的供水立管堵了,当然也不能完全排除在立管管段2和3处发生部分堵塞的可能,如图15a所示。

② 上边两层散热器不热,最可能的是回水立管的管段1处发生了堵塞,如图15b所示。

③ 全部的散热器都不热或热得不好,则发生堵塞的地方可能是立管的管段1处或2处,如图15c所示。

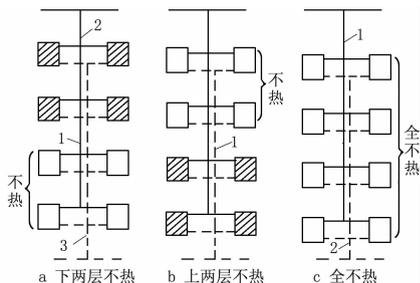


图15 上供下回系统中立管堵塞时散热器不热的情况

### 2.2.2 单管系统中除最远立管外立管堵塞的查找方法

1) 对图16a所示的情况,要在立管的1,2,3,4处查找,或在接散热器的支管5,6,7处查找。

2) 顺序式系统在某立管的1层有一个散热器不热时,应在支管1和2处查找,如图16b所示。

3) 对于带跨越管的单管系统,某立管的散热器全不热,可能是立管的1,2,3,4处发生了堵塞,也可能是管段6,7,8,9处堵了,如图16c所示。

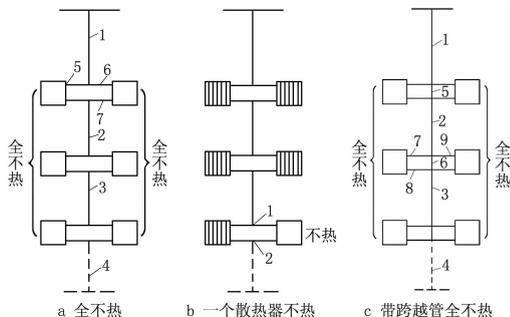


图16 单管系统立管堵塞造成散热器不热的情况

### 2.2.3 异程式系统最远处立管不热时的查找方法(见图17)

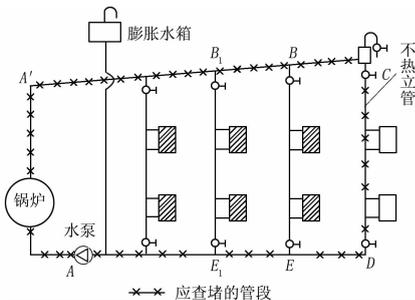


图17 异程式系统最远处立管不热时的堵塞位置

### 2.2.4 同程式系统查找堵塞的方法

如图 18 所示,如果所有立管的供热效果均不好,应检查锅炉至管段 1 和管段 4 至水泵处是否发生了堵塞。

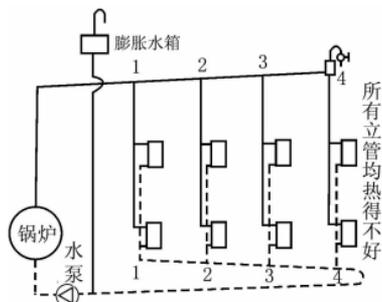


图 18 同程式系统堵塞

### 2.2.5 异程式系统查找堵塞的方法(见图 19)

### 2.2.6 同程式系统最后两副立管不热时的查找方法

如图 20 所示,第 4、5 两副立管不热,首先要看系统是否充满水,空气是否排净,查找堵塞应从管段 3 至管段 4 的供水干管查起,然后查不热立管。

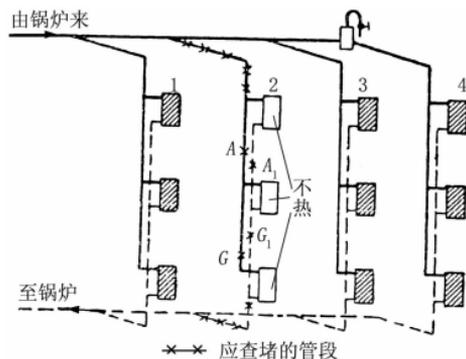


图 19 异程式系统堵塞

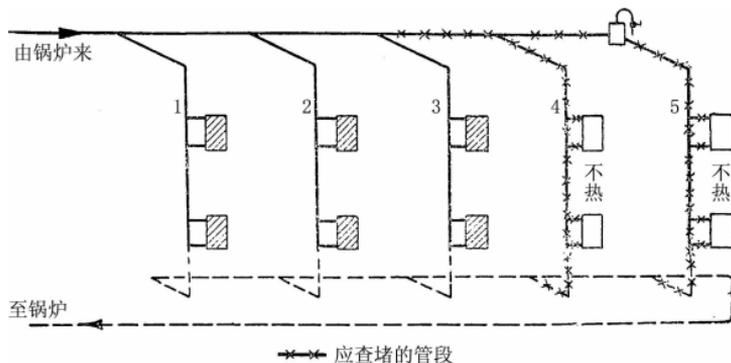


图 20 同程式系统最后两副立管不热时的查找方法