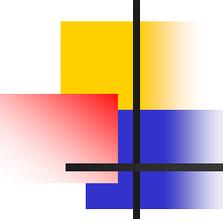


# 第7章 换热设备

## 7.1 换热设备的功能和分类

- 换热器:温度不同的两种流体相互交换热量的设备叫换热设备,也叫换热器。
- 在建筑内部热水供应中的换热设备的特点:
  - 换热器中的流体分别为热媒(蒸汽或高温水)和冷水,冷水加热后的温度不高( $\leq 70^{\circ}\text{C}$ ),
  - 热水从卫生器具中流出使用,不循环使用。



# 7.1 换热设备的功能和分类

## ■ 分类

(1)按贮热容积的大小，分为容积式，半容积式，半即热式和快速式。

- 容积式换热器贮存的热水量最多，快速式没有贮热容积。

(2)按工作原理，分为间壁式和混合式。

- 间壁式换热器中的热媒可以循环使用

- 间壁式换热器按热媒又分为水—水式和汽—水式。

- 混合式换热器：热媒和被加热水直接接触

- 混合式换热器又分为汽水混合换热器、蒸汽喷射消声换热器、涡旋式蒸汽换热器。混合式换热器中的热媒与被加热水一起从卫生设备流出，不能循环使用。

(3)按换热器的构造分为管壳式、板式和螺旋板式。

(4)按换热器的放置，分为卧式和立式。

- 卧式换热器占地面积大，但所需空间高度低；

- 立式换热器占地面积小，但所需空间高度大。

(5)按换热管的形式，分为列管式、固定U形管和浮动盘管式。

- 按换热管的多少，又分为单管束、双管束和多管束。

# 7.2 常用换热器的构造和特点

## 7.2.1 容积式换热器

### 7.2.1.1 传统的容积式换热器

- 容积式换热器是带有贮热容积的间壁式换热设备，具有加热冷水和贮备热水两种功能，又叫贮存式换热器，有卧式和立式。

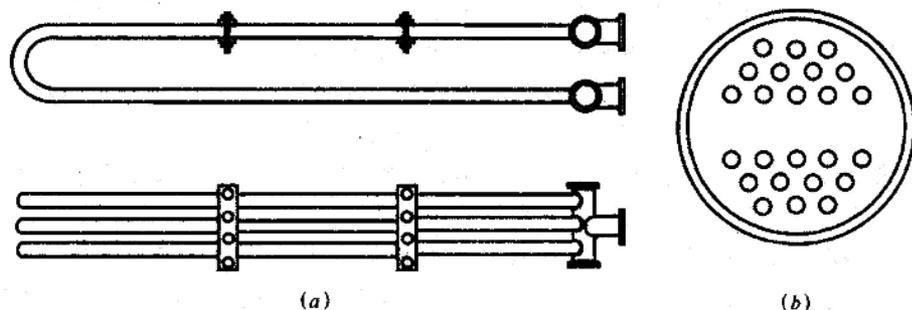
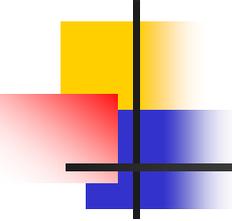


图 7.2 加热器的排列

(a) 卧式 (b) 立式



# 容积式水加热器特点

- 优点：
  - 具有较大的贮存和调节能力
  - 被加热水通过时压力损失较小
  - 用水点处压力变化平稳
  - 出水水温较为稳定
  - 对热媒要求不严，供热负荷可按最大时热负荷计算
  - 结构简单，可以承受水压，噪声低
- 缺点：
  - 加热器中，被加热水流速缓慢，传热系数小，热交换效率低
  - 体积庞大占用过多的建筑空间
  - 在热媒导管中心线以下约有 30% 的贮水容积是低于规定水温的常温水或冷水，贮罐的容积利用率也很低。
  - 水质易受污染 变温区和冷水去易导致细菌孳生
  - 不节能 热损失大，热交换效率低

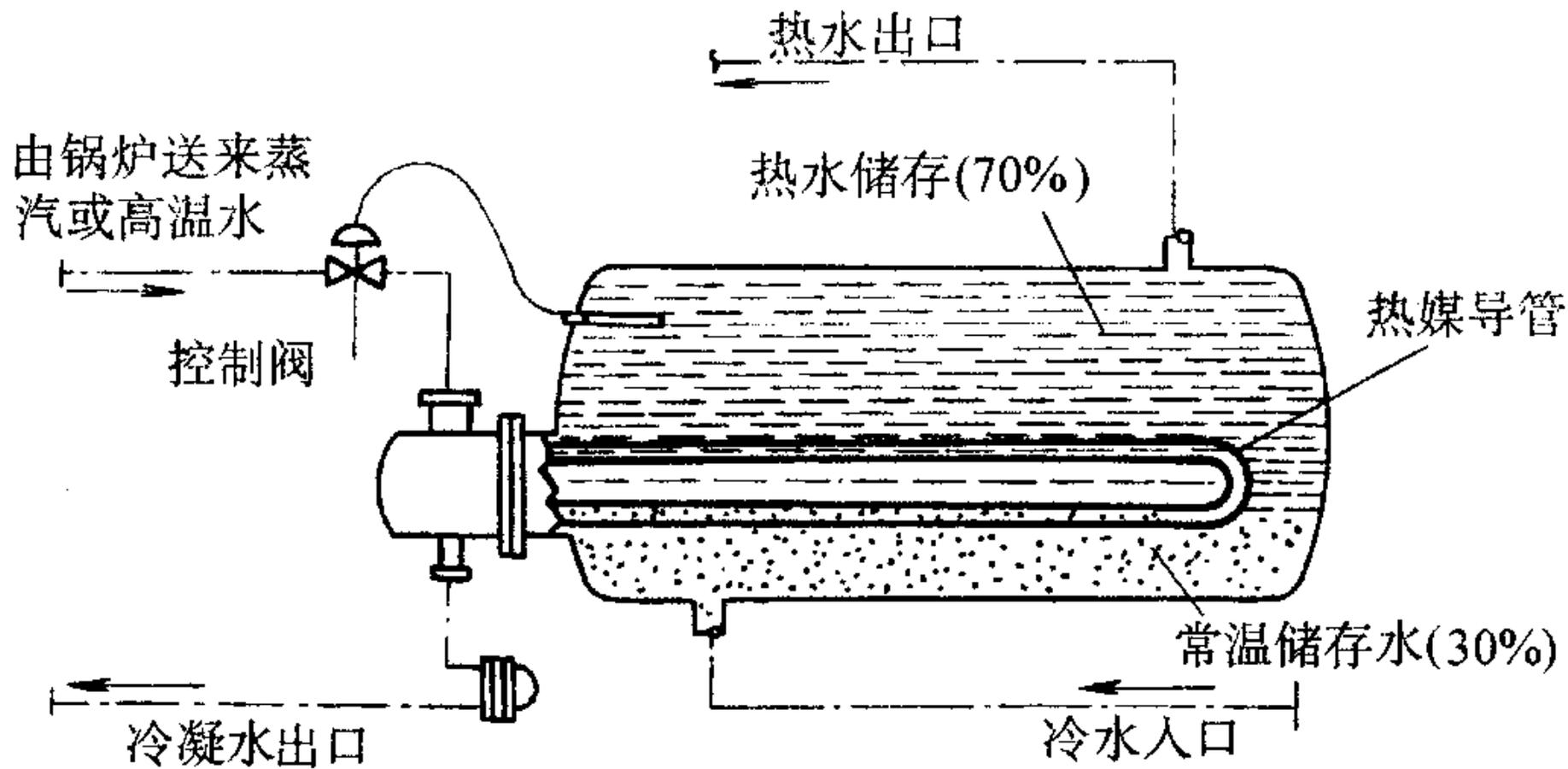


图 8-10 容积式水加热器 (卧式)

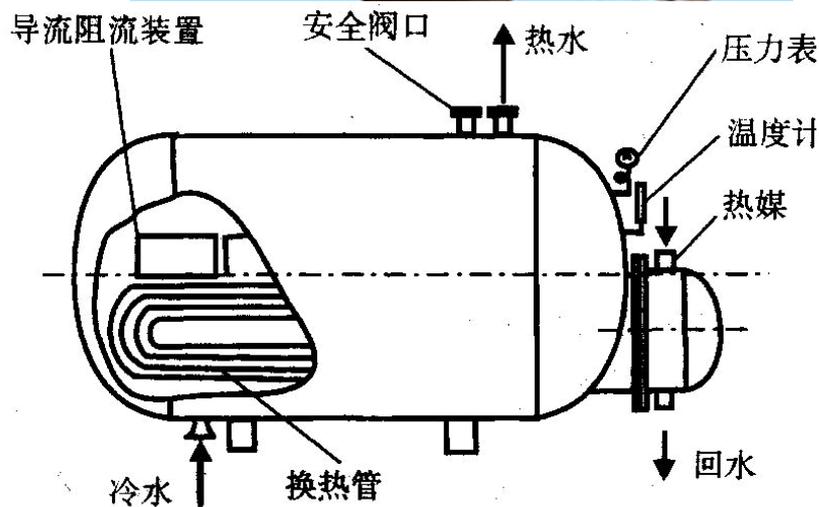
## 7.2.1.2 新型卧式容积式换热器

- 提高换热设备换热效果的关键是提高其传热系数K值。
- K值由三部分组成，即换热管束内热媒向管束内壁的放热系数  $\alpha_1$ ，管束内壁向外壁的导热系数  $\lambda$  及管束外壁向被加热水的放热系数  $\alpha_2$ ，其表达式为

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

式中  $\delta$ ——管束壁厚。

## 7.2.1.2 新型卧式容积式换热器



### 改进措施

#### ■ 减小换热管管径

- 管径的减小可在保持相同换热面积的条件下减小过水断面积，从而在相等的热媒流量时可增大热媒流速。增大流速不仅直接提高了 $\alpha_1$ 值，而且可以改变热媒在管束内流动的流态，使其形成紊流，更进一步提高了热媒的放热效果。
- 同时由于热媒管束管径的减小，管壁厚度可相应减小，相应地减小了热阻

#### ■ 附加导流阻流装置

- 在原有结构基础上附加一些导流、阻流装置，组织被加热水流经换热管束，局部提高其流速，从而增大换热管外壁向被加热水的放热系数 $\alpha_2$ 。
- 同时，导流、阻流装置还可促使换热器内被加热水在升温阶段形成较强的对流，提高换热效果和最大限度地减少冷水区容积，提高了容积利用系数

图 7.4 新型卧式容积式换热器结构示意图

# 7.2.1.2 新型卧式容积式换热器

## 器

- 新型卧式容积式换热器的特点是：
  - 1)提高了传热系数 减小换热管管径和附加导流、阻流装置，改善了换热性能，热媒温降与被加热水温升大幅度提高。
  - 2)提高了容积利用率 在升温阶段，从下到上各个断面基本处于同一温度，消除了罐底的冷水滞水区；容积利用率达到**95%**以上，保障了水质，防止军团菌的滋生。
  - 3)面积小 钢材用量明显减少，降低了一次性投资。与传统容积式换热器相比，一次性投资较汽一水换热时可省**17%**；较水一水换热时可省**51%**。
  - 4)节能 凝结水出水温度在**50℃**以下，蒸汽热能利用率高，节能约**10%~15%**。另外，因传热系数提高，换热器数目减少，减少了罐体表面的散热损失而节能
  - 5)换热系统简化 因凝结水温度低，不需串加换热器，可省掉“传统设备”疏水器，维护管理费用低，回水阻力小，还可以防止因高温凝结水的二次蒸发产生的蒸汽对环境造成的污染，改善了操作使用的环境条件。

## 7.2.1.3 新型立式容积式换热器

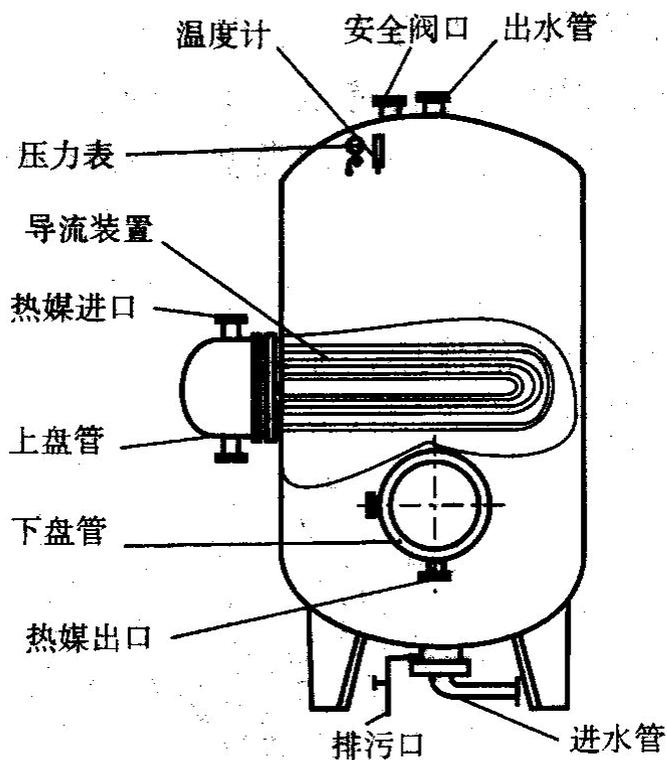


图 7.5 新型立式容积式换热器结构示意图

### ■ 改进:

- 1) 采用立式交错双盘管结构 换热管束规格为批9X2, 5s25X2.5的钢管或铜管。这样既增大了换热面积, 解决了立式传统容积式换热器因换热面积小得不到发展的问题, 又不需为在罐体上开双孔而增加罐体壁厚, 且两换热盘管上下错开, 方便平面布置, 节省占地面积。
- 2) 合理布置盘管管束 在管程局部地方改变介质流态使其形成紊流, 提高传热效果。
- 3) 罐内适当配置导流装置 局部提高被加热水的流速, 并使其形成强制自然循环, 减少罐内的冷水区。

# 7.2.1.3 新型立式容积式换热器

特点:

## 1) 传热系数K值提高

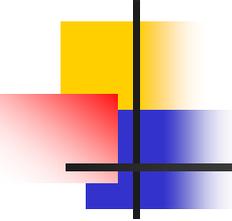
- 立式双盘管上、下交错排列的管程结构，即提高了热媒流速，造成管程局部紊流，提高了热媒对管内壁的放热系数；又使被加热水在上升过程中，两次垂直冲刷换热管束，提高了换热能力；
- 换热过程是热媒由上而下，被加热水由下而上，者呈逆向流动，在换热器的冷水进口处是温度最低的热媒与温度最低的被加热水相碰，
- 罐体内设置的导流结构起到组织被加热水流经换热管束，提高被加热水流速的作用，从而提高了管外壁对被加热水体的换热系数

## 2) 提高了容器利用率

- 换热器不出水时，导流装置能促进罐体内被加热水的自然循环，将靠近底部的部分冷水加热，减少其冷水区的容积。

## 3) 节能效果明显

- 以蒸汽为热媒时，回收凝结水温度低。 $110^{\circ}\text{C}$ 至 $140^{\circ}\text{C}$ 的蒸汽变成 $50^{\circ}\text{C}$ 左右的凝结水，热媒出口温度比一般传统的“容积式换热器”降低约 $30^{\circ}\text{C}$ ，回收凝结水的热量约占整个换热量的15%。
- 新型立式容积式换热器换热量大，换热能力强，升温快，达到定温时间短，一级换热就满足使用要求，换热器数量大大减少，也减少了表面散热损失，起到节能作用。



## 7.2.1.3 新型立式容积式换热器

- 4) 阻力增大 新型立式容积式换热器的换热盘管部分较传统的容积式换热器有较大的改进，热媒阻力损失也有所增大。
  - 但系统不用设疏水器，因而也就没有疏水器所引起的阻力。
- 5) 系统简化，方便维修使用 不需像传统的容积式换热器那样搞二级串联换热，设备少，管道少，系统简单，便于操作、维护和管理。安装与维护管理费用少。

## 7.2.1.4 浮动盘管容积式换热器

- 浮动盘管容积式换热器内部盘管的形式有立体螺旋形和水平螺旋形两种
- 立体螺旋形浮动盘管的基本构造：几个不同旋转直径的竖向螺旋管组成一组管束
- 立体螺旋形分类：设自由浮动的分配器(也称之为惰性块)，集水短管
  - 分配器既能使热媒在各管束内较均匀的分配，增大流程，以利充分换热；又起阻尼作用，防止共振破坏。
  - 集水短管式构造简单，便于生产

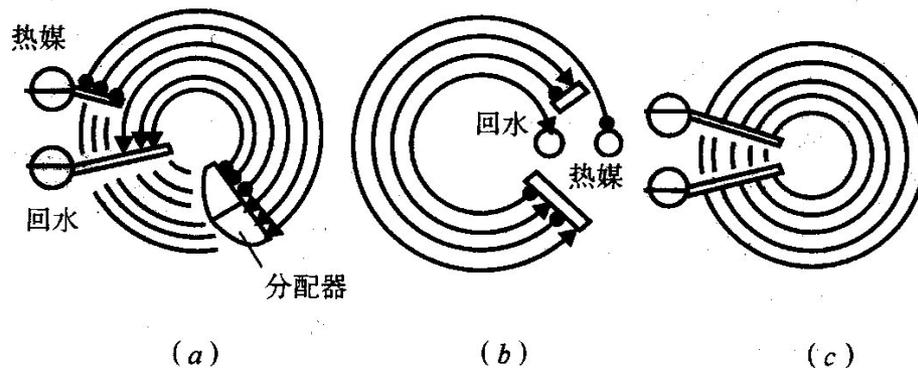


图 7.6 立体螺旋形浮动盘管结构示意图

(a) 单分配器；(b) 双分配器；(c) 集水短管

## 7.2.1.4 浮动盘管容积式换热器

- 水平螺旋形浮动盘管分为：立管边置形和立管中置形两种，
- 优点
  - 是螺旋管的旋转半径大，换热面积大，换热量大。
- 缺点
  - 其构造有如串糖葫芦，中间只要有一根管出了问题，则整个管束都报废，无法更换，也无法采取其他补救措施。

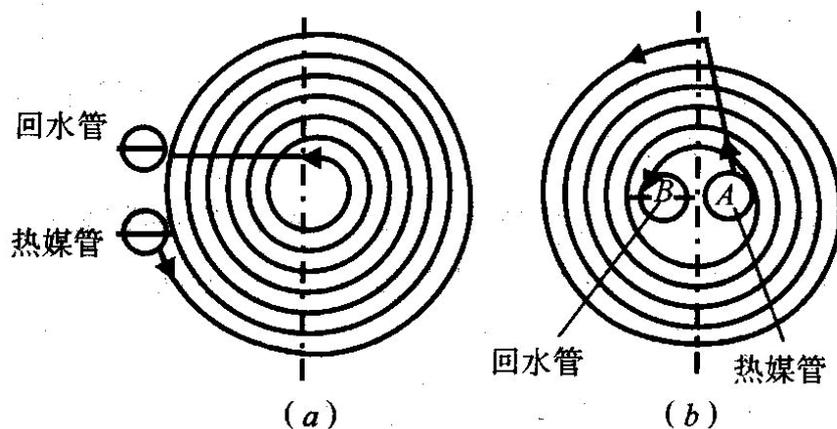


图 7.7 水平螺旋型浮动盘管结构示意图

(a) 边置式；(b) 中置式

# 7.2.1.4 浮动盘管容积式换热器

- 浮动盘管容积式换热器的分类
  - 卧式和立式两种，
  - 浮动盘管卧置和立置
  - 立置式又分为上置式和下置式，
    - 卧置式换热器便于将换热盘管抽出检修更换
    - 立置式换热器中，下置式罐体的容积利用率高
- 上置式罐体便于将换热盘管抽出检修更换。

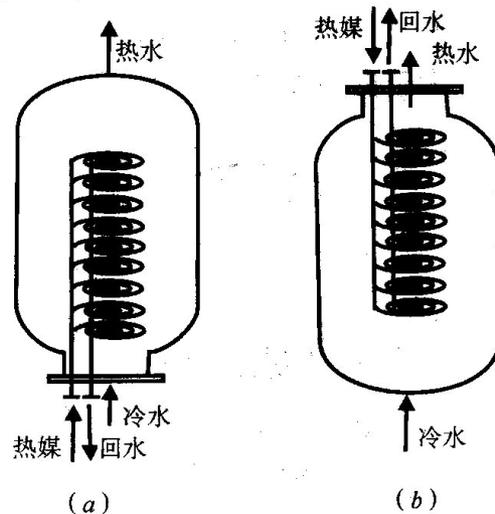


图 7.9 立置式浮动盘管换热器示  
(a) 上置式；(b) 下置式

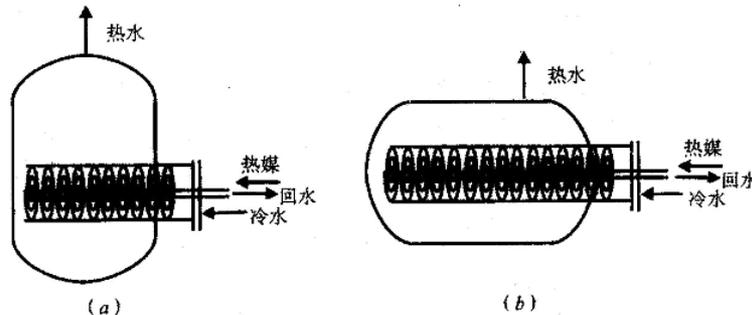


图 7.8 卧置式浮动盘管换热器示意图  
(a) 立式；(b) 卧式

# 7.2.1.4 浮动盘管容积式换热器

## ■ 优点：（与U形管换热器相比）

### 1)提高了传热系数K值

- 浮动盘管一般是紫铜管，管径和管壁比U形管小，传热系数K值有所提高。
- 经热工性能测试，浮动盘管型换热器的K平均值分别为新型卧式容积式换热器和新型立式容积式换热器的**1.40**和**1.31**倍。

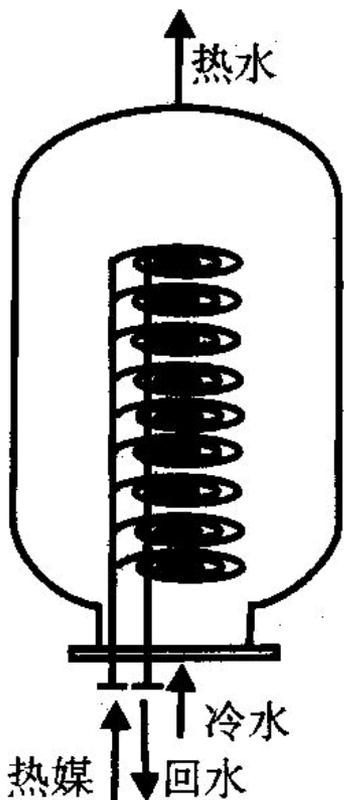
### 2)提高了容积利用率

- U形管容积式换热器受容器构造的限制，换热管距容器的底部需有相当大的距离，增大了冷水区容积。
- 浮动盘管形换热器的换热盘管距容器底可以近到**100mm**左右。其冷水区很小，有效贮热容积可达**95%**左右，大大提高了换热器的容积利用率。

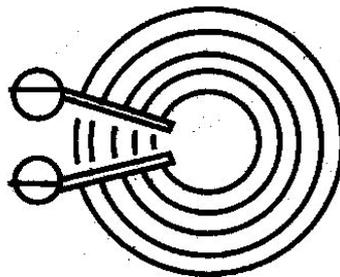
### 3)自动除垢，减小了检修工作量

- 浮动盘管内流动的高温热媒是不断变化的，紫铜盘管会不断伸缩，盘管局部发生变形，附着在管外壁的水垢也会产生膨胀和收缩。水垢的热膨胀系数比管壁小，两者的胀缩量不同，使水垢自动脱落。

## 7.2.1.4 浮动盘管容积式换热器



- 缺点：
- 热媒短路，
  - 内圈螺旋管旋转半径小、流程短；外圈螺旋管旋转半径大、流程长。各圈管的流程相差很大，最外圈约是最内圈长度的8倍，因此，内圈热媒流量大，外围流量小，热媒分布极不均匀。
  - 浮动盘管立置时热媒沿分水立管、集水立管自下而上均匀分布也会造成热媒短路，热媒从下端进入容器后，很明显与下部盘管相连的分水立管、集水立管管段短、阻力小，相应地通过这部分盘管的流量大，上部盘管则反之。



- 盘管卧置用于汽-水换热时，会造成汽水撞击和噪声
  - 由于换热器是间断工作的，凝结水会积聚在盘管下部，且无法及时排除，这样就会出现汽、水撞击，产生噪声，每次汽、水撞击都可能使管束与分水立管、集水立管连接处脱焊；损坏管束。

## 7.2.2 半容积式水加热器

- 半容积式换热器是一种带有适量调节容积的内藏式快速换热器，与容积式换热器的最大区别是换热部分与贮热部分完全分开。
- 组成:贮热水罐、内藏式快速换热器和内循环水泵
- 运行状态:
  - 当热水用量 $Q$ ，低于内循环泵流量 $Q_b$ 时，[图7.10\(a\)](#)
  - 管网中热水用量出现瞬时高峰流量，大于内循环泵流量时，[图7.10\(b\)](#)。
- 内循环泵的作用:
  - 提高被加热水通过换热器时的流速，
  - 即提高传热系数 $K$ 值和换热能力；
  - 克服被加热水流经换热器时的阻力损失



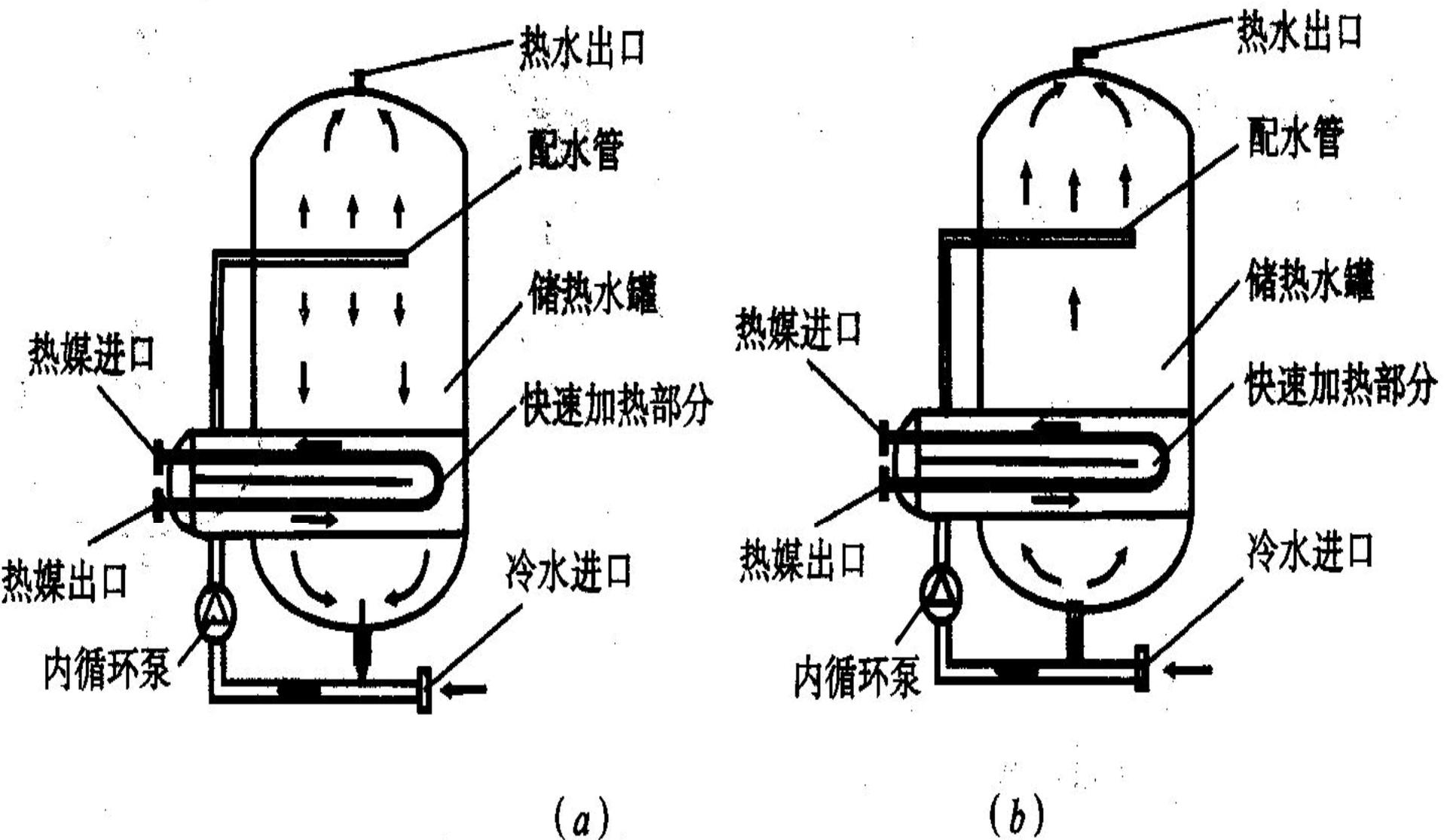


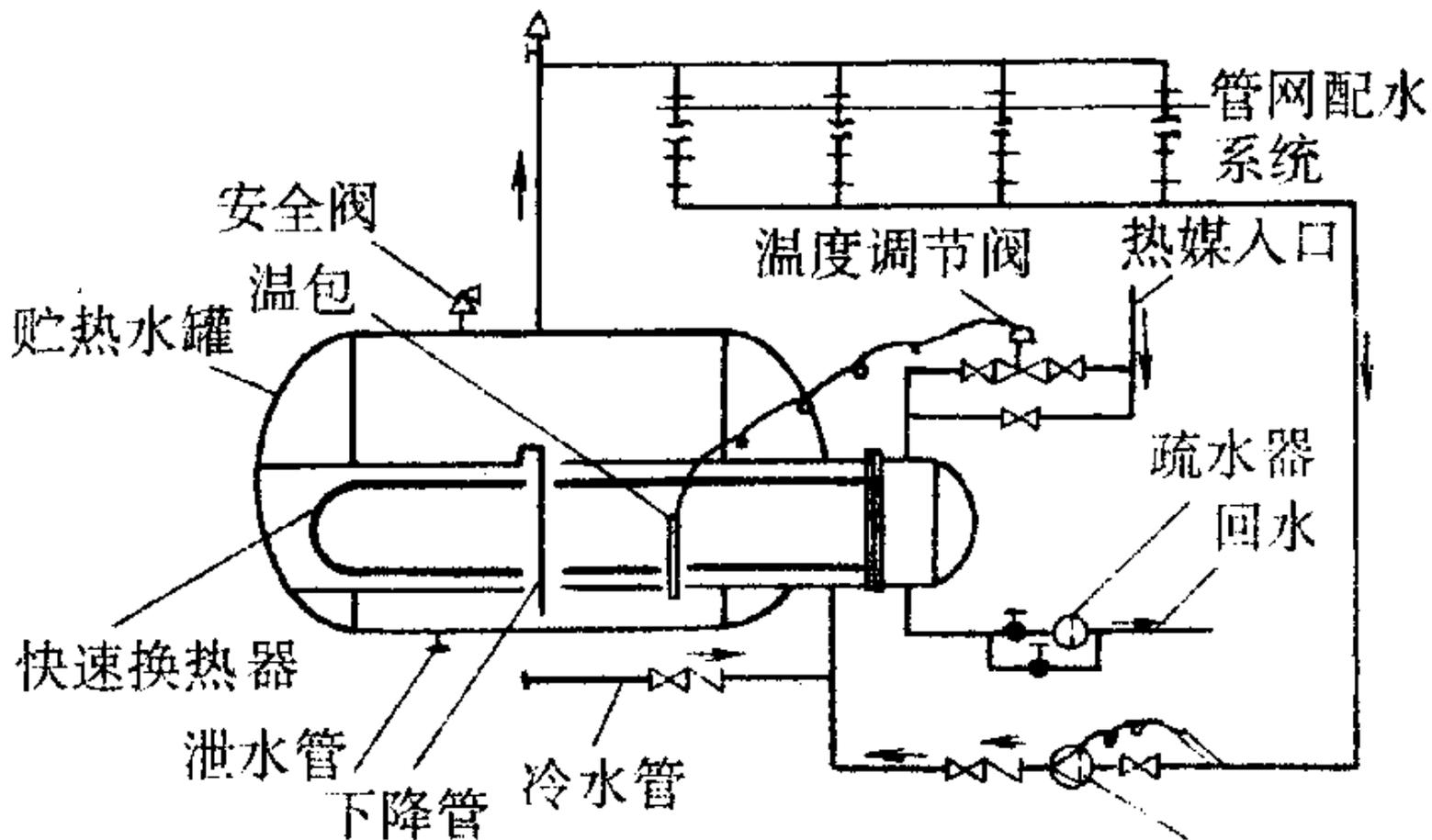
图 7.10 半容积式换热器构造示意图

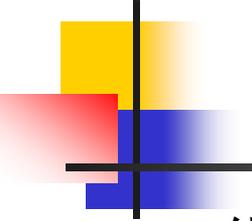
(a)  $Q_r < Q_b$ ; (b)  $Q_r \geq Q_b$

# HRV型半容积式水加热器

- 内循环泵是半容积式换热器的核心部件，质量要求严，生产难度大，价格高，为此，我国研制出性能与国外相同，取消了内循环泵的国产HRV半容积式换热器
- 结构特点：
  - 1)设置一组传热系数K值高，阻力损失小，供水安全，水温、水压稳定的改进型快速式换热器
  - 2)换热部分与罐体部分完全分离，加热后的热水先进入罐底再往上升，使系统用水时整罐水为同温热水。
  - 3)系统不用水或很少用水时，借助热水系统回水管上外循环泵的工作来保持罐内水温。
  - 4)半容积式水换热器的换热结构仍以U形管为主，管外壁净间距 $b=11\sim 25\text{mm}$ ，便于清垢维修。

# HRV型半容积式水加热器

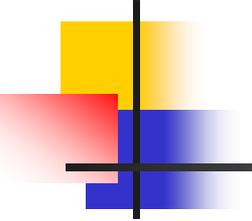




## 7.2.2.2 半容积式换热器的特点

优点:

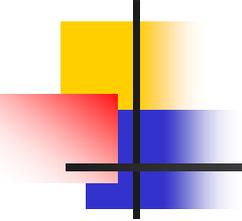
- 1)容积利用率高, 利用率达**100%**, 整罐水为同温水, 无冷水区和低温水区, 防止军团菌的滋生。
- 2)传热系数**K**值高 因被加热水强制循环, 流速大, **K**值高, 换热充分, 单罐产热量高, 换热量大。
- 3)被加热水阻力损失小, 在设计流量下, 水头损失小于**2kpa**, 供水压力变化很小, 能保证系统内冷、热水供水压力的平衡。
- 4)换热器体积小 是容积式水换热器的**1 / 2—1 / 3**
- 5)构造简单 温控条件基本上同容积式水换热器, 不需要特殊的温度、安全控制装置。
- 6)节能 汽—水换热时, 能回收部分高温凝结水的余热, 冷凝水温度小于**75℃**, 换热充分, 节约能源。
- 7)减少设备数量 其占地面积只为容积式换热器的**1 / 3~1 / 6**, 节省了工程造价, 罐体选用不锈钢材质, 为保证水质、防止污染和延长设备使用寿命创造了条件。
- 8)罐型小, 重量轻, 便于安装、维修。



## 7.2.3 快速式换热器

---

- 在化工企业和建筑采暖系统中，因用热水较均匀，且被加热水不从系统中流出，快速式换热器应用较广。
- 在建筑物内部的热热水供应系统中，因生活用水不均匀，快速式换热器不宜单独使用，应与贮热设备如热水箱或热水罐配套使用，才能保证水温水压的稳定可靠。



## 7.2.3快速式换热器

分类：壳程式、板式、螺旋板式等

- 壳程式又分为单管式和管束式两种，
  - 单管式有2管程、4管程、6管程和8管程四种，
  - 管束式有2管程和4管程两种。
    - 管束式有汽一水和水一水两种
    - 管束式还有管板式和浮头式
- 建筑给排水工程中使用较多的是壳程式。
- 单管式多用于汽一水换热器

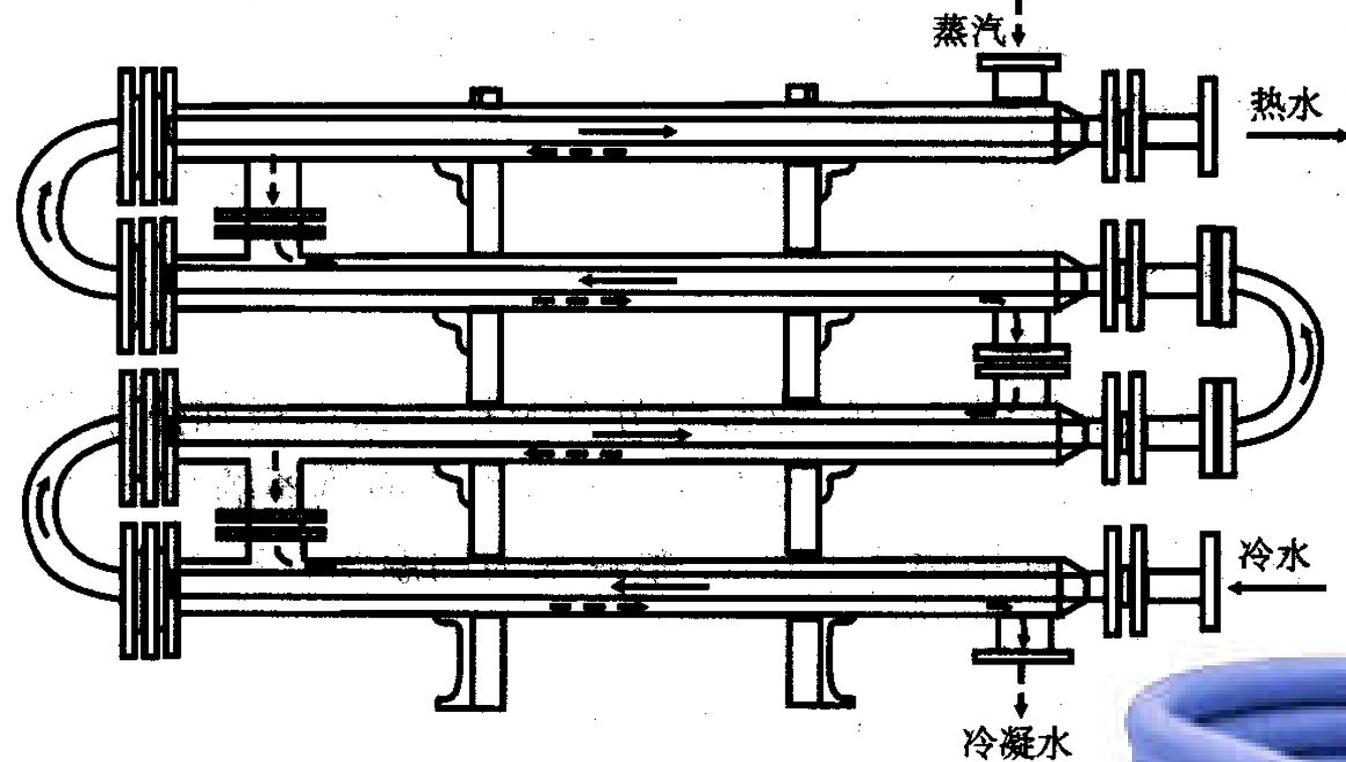


图 7.12 4 管程单管式汽—水换热器



■单管式汽—水换热器，热媒蒸汽在壳程和管程之间由上向下流动，被加热水在管程内由下向上流动。西安建筑科技大学

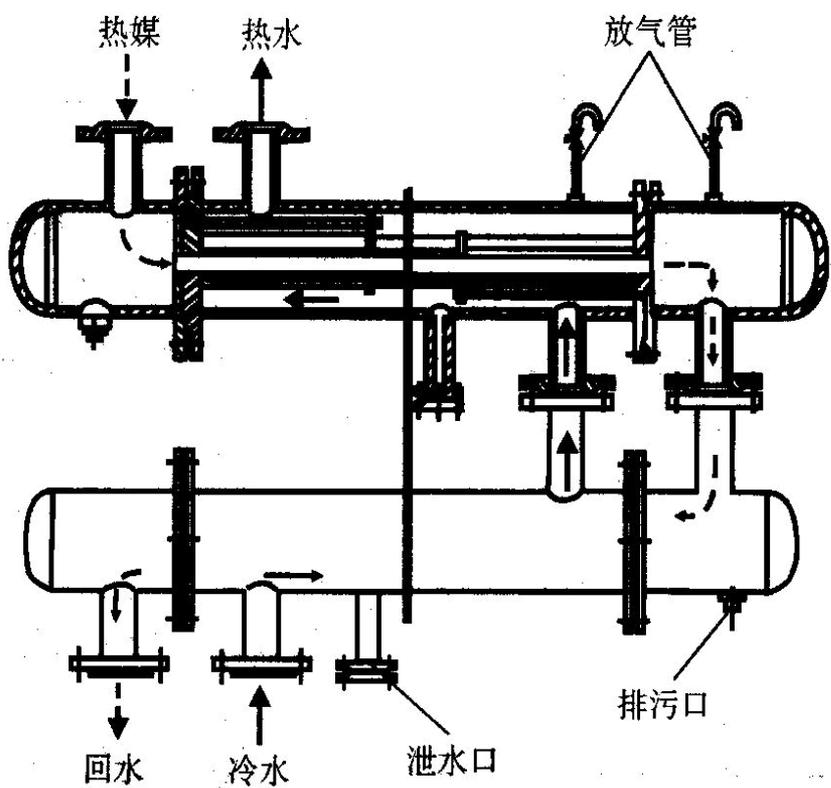


图 7.13 2 管程管束式水—水换热器

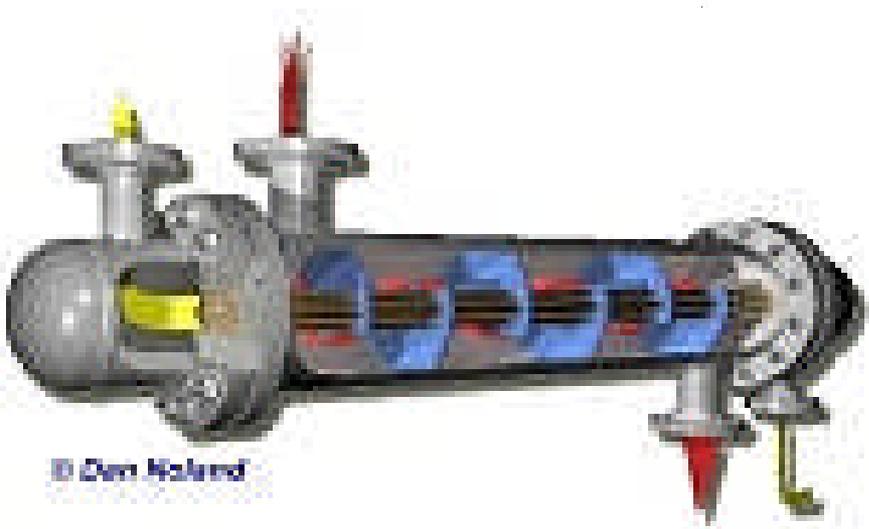
管束式换热器主要由壳体、管箱、管板、换热管束、管箱连接管、壳体连接管组成。

换热管束与管板连接，有固定管板式和浮头式两种。

优点：固定管板式换热器两端的管板焊接在壳体上，结构简单而紧凑，制造成本低。在壳体直径相同时，排管数量最多

缺点：壳程不能用机械方法清洗，检查困难。

适用：被加热水硬度低，壳体与管束温差小；或温差稍大但壳程压力不高以及壳程内介质不易结垢，或结垢能用化学方法清洗的场合。



“浮头”是指换热器两端的管板，一个与壳体固定连接，另一个可在壳体内自由浮动。

优点：

- 一是壳体和管束的热变形是自由的，所以当壳程与管程两种介质的温差较大时，管束与壳体之间不产生热应力；
- 二是管束可从壳体内抽出，便于检修；清洗。

缺点：

- 一是结构复杂，造价高；
- 二是为使浮动管板能随管束一起从壳体中抽出，使管束外缘与壳壁之间形成了一定宽度的环隙，减少了排管数目，增大了管束外围的旁路流量，影响了换热器的热效率；

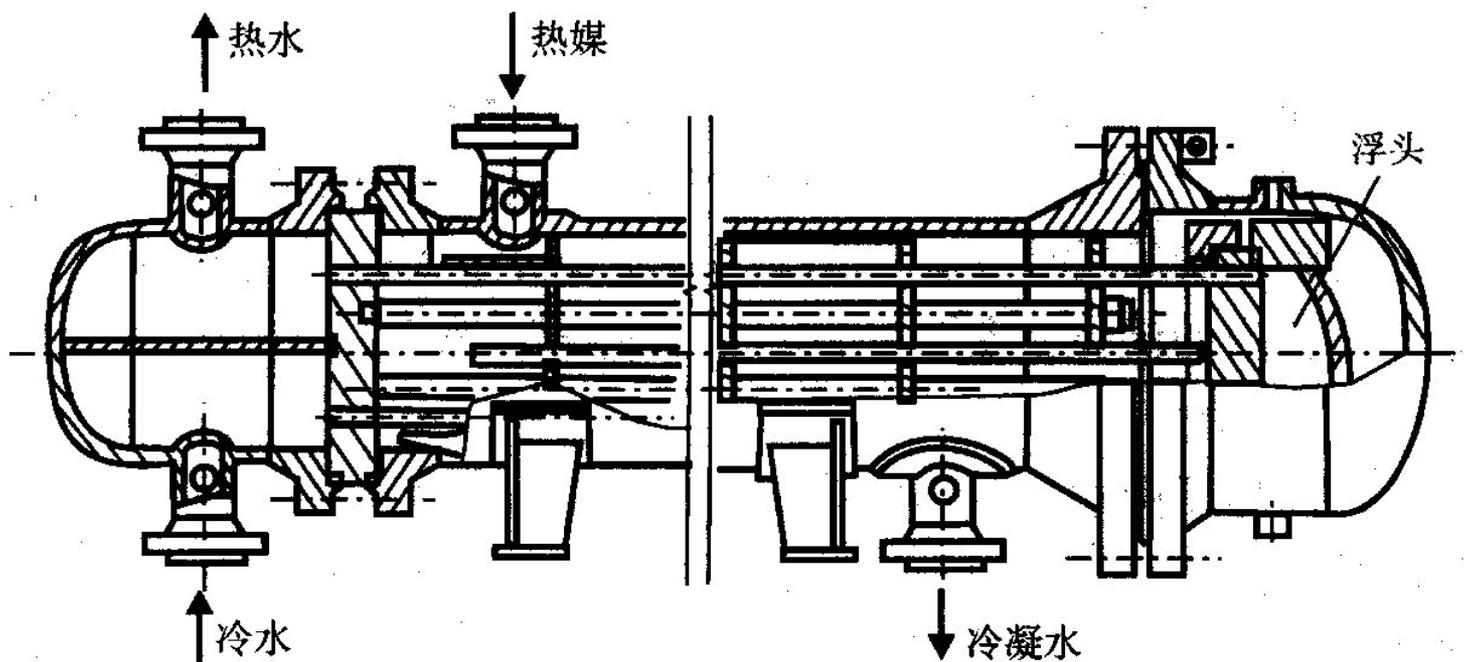


图 7.14 浮头式换热器

# 板式换热器

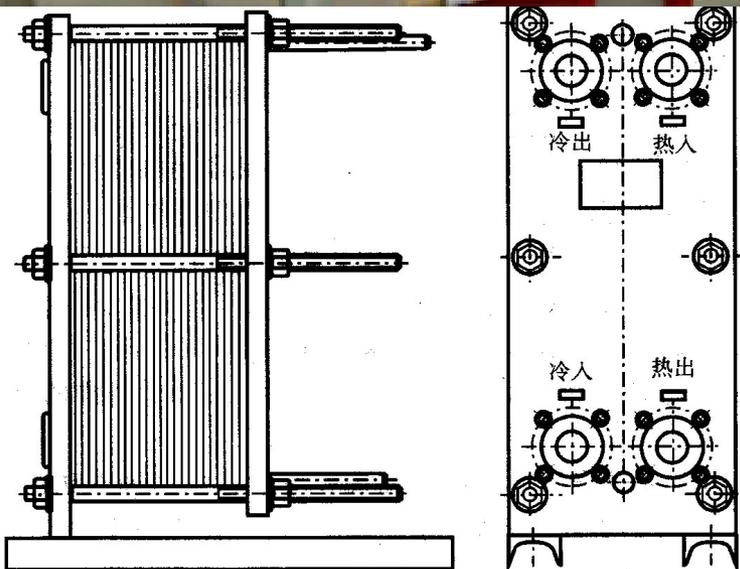
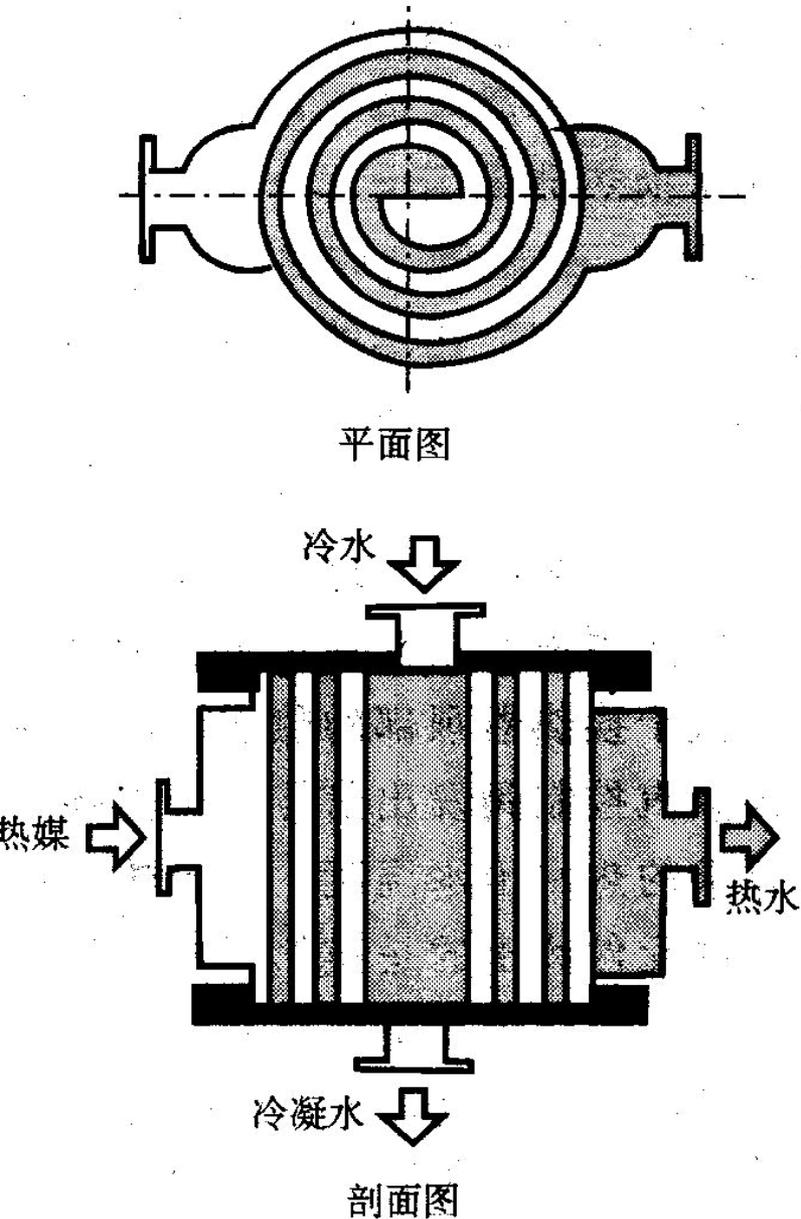


图 7.15 板式换热器构造示意图

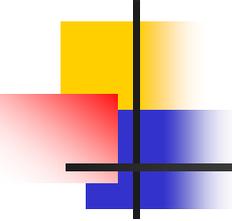
- 板式换热器由若干波纹板形传热板片叠置压成，板片间装有控制两板间距的密封垫片，每两个板片间形成 $3\sim 4\text{mm}$ 的流槽。热媒和被加热水分别由板的上、下角孔进入换热器，并相间通过奇数和偶数流道，
- 板片材料，通常为不锈钢。
- 板式换热器传热系数高、结构紧凑、密封可靠、金属消耗量低、组装使用灵活(传热面积可以灵活变更)、拆装清洗方便等

# 螺旋板式换热器



- 螺旋板式换热器是由两块平行的金属板卷成螺旋形，构成两个螺旋通道，两端用盖板封堵。冷热两种流体分别在两个螺旋通道中流动，
- 螺旋板换热器结构紧凑，占地面积小，流动阻力较小，造价低，缺点是清洗检修困难，承压能力低。

图 7.16 螺旋板式换热器构造示意图



# 快速式水加热器特点

---

- 层流加热：层叠式加热方式
- 紊流加热：通过提高热媒和被加热水的流动速度，来提高热媒对管壁、管壁对被加热水的传热系数，以改善传热效果
- 优点：效率高，体积小，安装搬运方便
- 缺点：不能贮存热水，水头损失大，在热媒或被加热水压力不稳定时，出水温度波动较大
- 适用：用水量大而且比较均匀的热热水供应系统或建筑物热水采暖系统

# 7.2.4 半即热式换热器

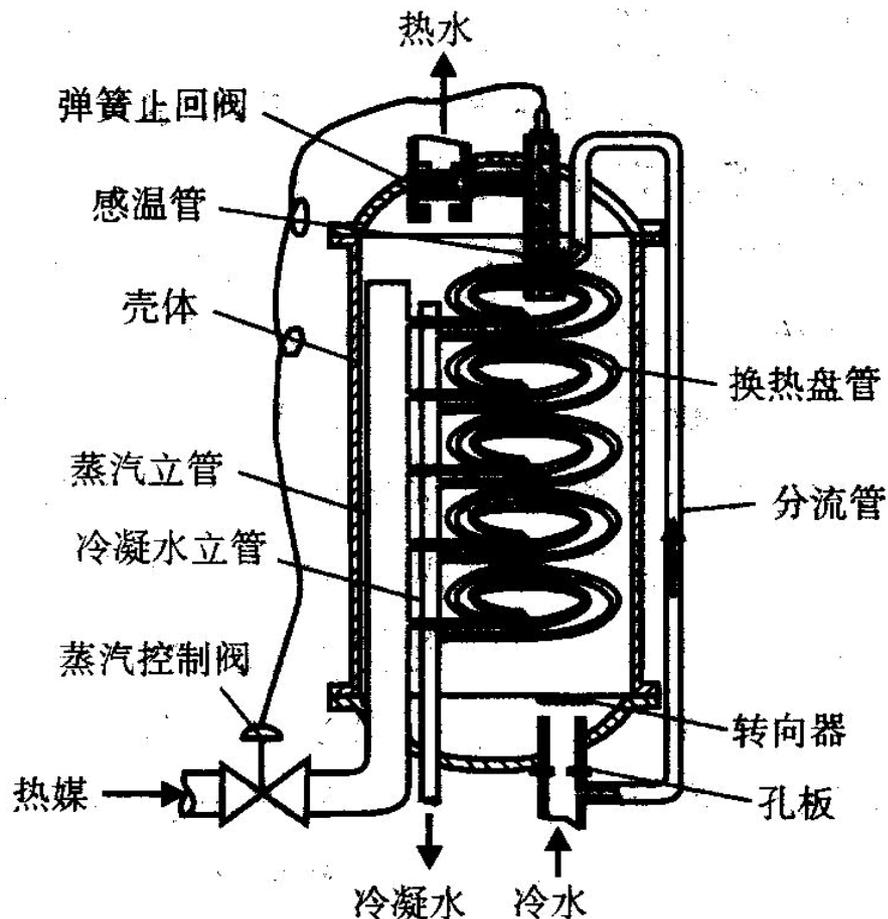


图 7.17 半即热式换热器构造示意图

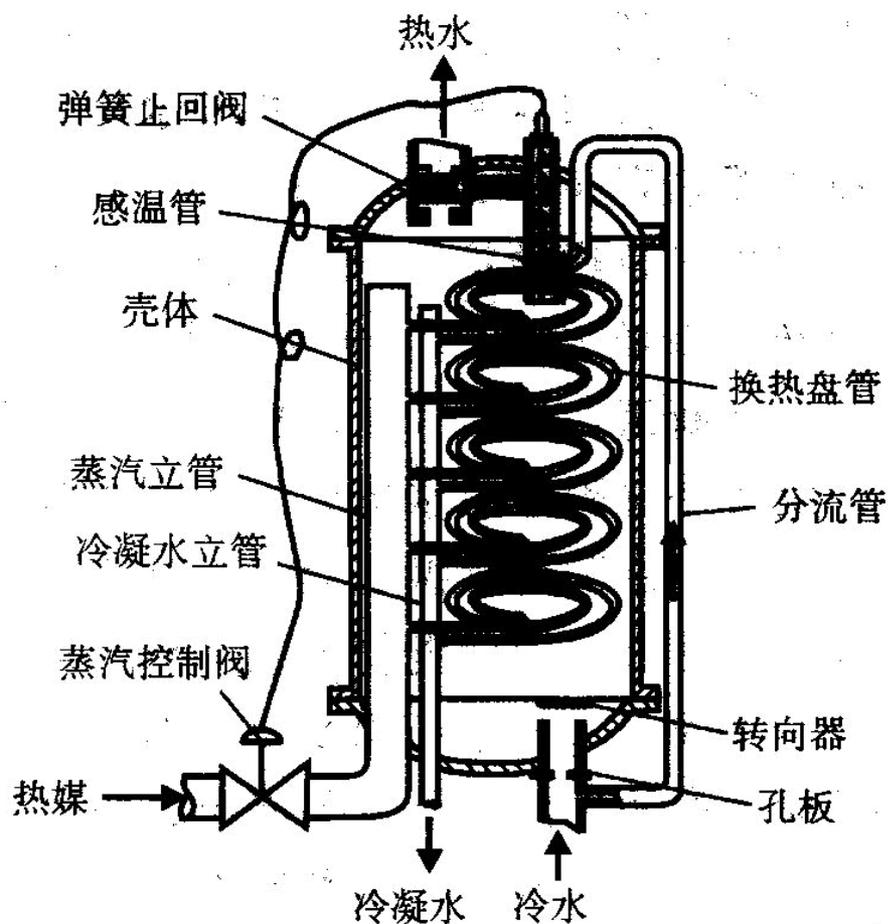


■ 半即热式换热器是一种带有超前控制，具有少量贮水容积的快速式换热器。

■ 组成：

- 内衬铜的壳体
- 连接在竖管和冷凝水回水管上的多组紫铜盘管
- 需求积分预测器温度控制组件

## 7.2.4 半即热式换热器



- 冷水从底端盖上的入口接头和孔板进入换热器，并碰击转向器。
- 孔板使少量冷水进入分流管，转向器则使冷水均匀地进入壳体底部。
- 热水经上端盖的止回阀后流出换热器。
- 蒸汽经控制阀后从底端盖上的蒸汽入口进入蒸汽立管，分流到并联的各个盘管，从底端盖上的冷凝水出口流出换热器。
- 在换热器内，被加热水流动的方向与因密度造成的热水对流方向相同，都是从下向上，因此换热器顶部的水最热。

图 7.17 半即热式换热器构造示意图

## 7.2.4 半即热式换热器

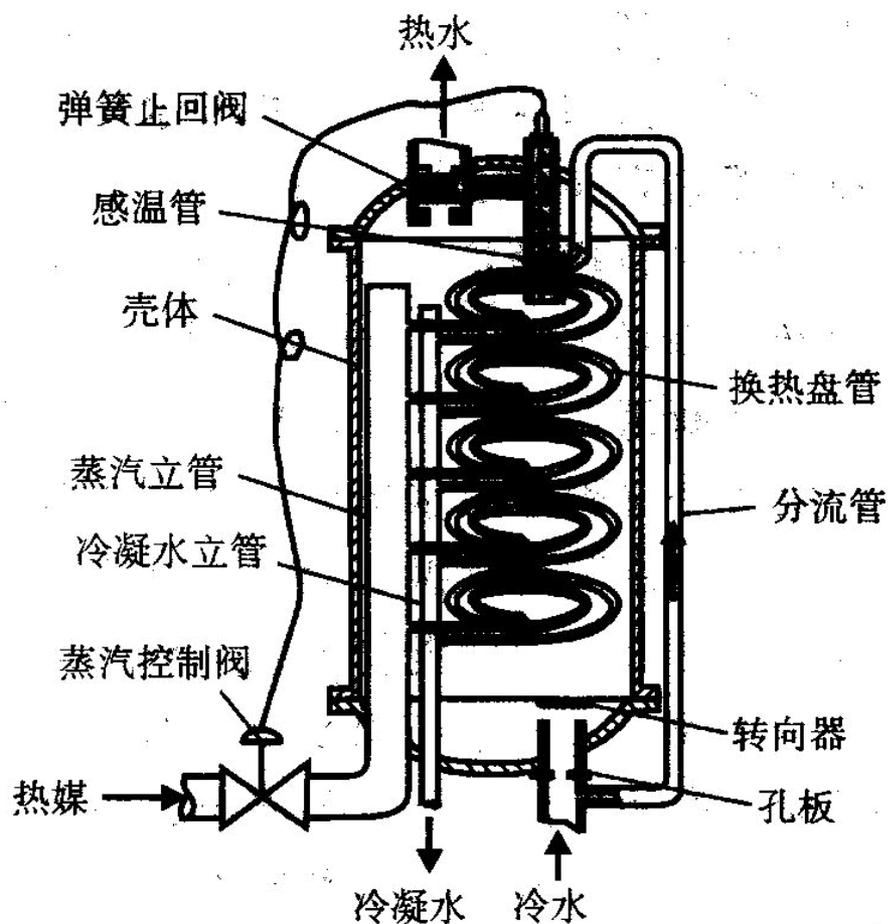
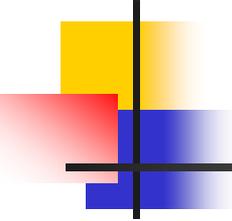


图 7.17 半即热式换热器构造示意图

- 由于半即热式水换热器容积较小，水在换热器中停留的时间短，热容量也随之减少，当热水管网用水负荷变化时，如不采取措施，那么水换热器出口处的水温很难保持稳定。为此，半即热式水换热器采用设置分流管和温控系统的方法来解决。
- 温控系统由温控阀和感温管组成
- 分流管下端与冷水进口连接，上端连接在感温管附近。当管网用水量增加时，冷水向换热器进水，并通过分流管进入上部的感温管。冷、热水在感温管中混合后的温度低于换热器顶部热水温度。感温元件读出任一瞬间感温管内水的平均温度并向蒸汽控制阀发出信号，按需要与控制阀在全开和全闭之间进行调节，以保持所要求的热热水出水温度



## 7.2.4 半即热式换热器特点

- 1) 传热系数K值高** 半即热式水换热器缩小了容器的内部体积，减少了被加热水的过水断面，加大了水流速度，同时螺旋形浮动盘管在加热时所产生的高频振荡，使管外壁附近的水体处于局部紊流区，管内的热媒由于螺旋形盘管的多次转向，同时也由于高频振荡而产生紊流。被加热水和热媒的紊流都有利于提高传热系数。盘管采用薄壁铜管，也有利于提高传热系数。
- 2) 自动除垢** 悬臂安装方式的螺旋形浮动换热铜盘管在通过热媒时，会产生高频振荡和伸缩现象，盘管外部形成的水垢将会自动脱落，便于维修管理，使用寿命长。
- 3) 出水温度稳定**，预测器连续监测水温及流量，调节进入换热器的热媒流量，使出水温度能保持在设定值的 $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ 范围内。
- 4) 体积小** 热水贮存容量小，仅为半容积式水换热器的 $1/5$ 。结构紧凑，占地面积小，且便于搬运和安装。
- 5) 节能** 凝结水有自动过冷却装置，冷凝水温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ，使热媒的热量能充分利用，可节约蒸汽耗量 $15\%$ 。温度控制系统使热水的供需达到动态平衡，减少热能损失。另外换热器小，外表面积小，热损失少。
- 6) 适用范围广** 可使用蒸汽、高温水、低温水三种热媒。
- 7) 罐体内用铜质材料衬砌** 不污染热水水质。

## 7.2.5 混合式换热器

- 混合式换热器是一种热媒与被加热水直接在管状或罐状容器中混合，不断加热被加热水的换热器，属直接加热方式。
- 混合式换热器具有加热快，效率高，噪声低、无振动、安装方便，成本低廉的特点。

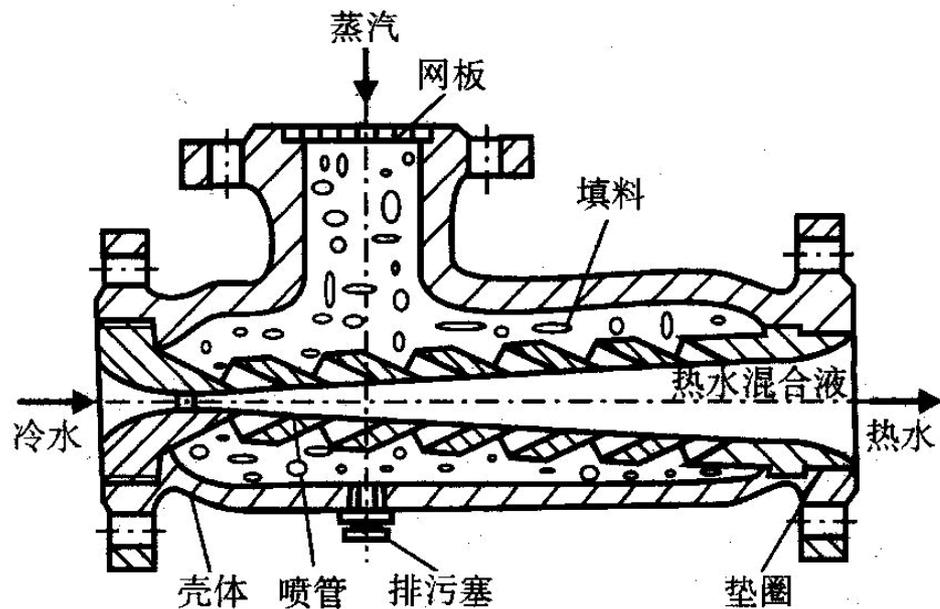
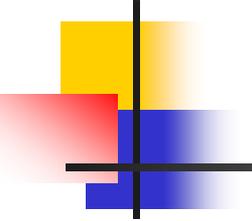


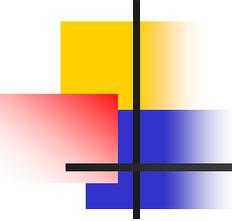
图 7.18 汽水管道混合加热器构造示意图



# 7.3.1 换热器的适用条件和选型

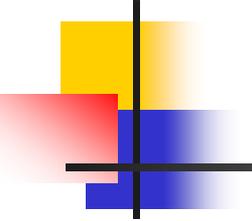
## 7.3.1 换热器性能评价

- 换热器的类别和形式很多，在选型和设计时，一般应考虑下列几项基本要求：
  - ①满足用热水需要(如换热量、水温)；②强度可靠；③便于制造、安装和检修；④节能、投资少。
- 换热器性能评价涉及：热力学性能、传热性能、阻力性能、机械性能(容积、强度、重量、材质)、可靠性及经济性(投资、运行、维修)
- 全面评价换热器的性能比较困难，一般进行单项或双项性能的评价。



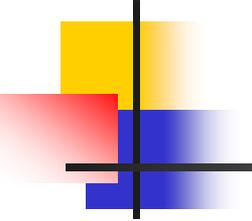
## 7.3.1 换热器的适用条件和选型

- 评价方法类型
  - 单项性能评价
    - 对换热器的各个单项性能分别进行评价，如传热系数、阻力降、换热器效能、单位传热面积的价格，耗钢材量等。
    - 这种方法不考虑其他因素的影响，简单易行，但不全面，适宜于相同工作条件下同类型换热器的比较判别。
  - 双项性能评价
    - 通过实际实验测试或模型计算，找出两指标间的变化规律，反映换热器这两项主要性能的综合效果。
    - 如传热量与动力消耗，能量转换和利用率,传热面积与换热器体积、传热面积与金属消耗量、传热面积与造价、传热面积与占地面积等。
    - 这些指标能表达不同类型换热器的主要优点或缺陷，是换热器选型的重要依据。也适用于各类型换热器在合理利用能源方面的评价。



## 7.3.2 换热器的适用条件

- 容积式换热器容积大，有较大的贮热量，可以提前加热，将热水贮存在换热器内，热媒的小时耗热量可随加热时间的加长而减小其峰值。
  - 容积式换热器适用于热水用量大、且用水不均匀的建筑物，如民用建筑和工业企业的生活用水。
- 半容积式水换热器的贮热容积只有容积式换热器的 $1/2 \sim 1/3$ ，因此，采用半容积式水换热器时，热媒供给必须能保证最大小时耗热量的要求，温控装置要可靠，而且热水系统应设循环泵。
  - 半容积式水换热器不适用于以低温水为热媒的工况。
- 半即热式换热器的容积较小，无贮热调节功能，即时加热，热媒的耗用量随热水用量不断变化。因此，热媒要按秒流量供给热媒供给流量为半容积式换热器的2倍以上。
- 快速式换热器既没有贮热调节容积，又没有灵敏可靠的温度调节、温度控制及超温超压保护装置
  - 只适用于用热水均匀的工业建筑和大型公共建筑。不宜单独用于生活热水系统。若生活热水系统使用快速式换热器，应与专用贮热设备热水箱或热水罐配套实用，这样才能保证热水供应系统中水温水压的稳定。
- 混合式换热器适用于生产蒸汽的用水不需要处理，用热量不大的一次性加热或循环加热系统，如浴池、游泳池等。

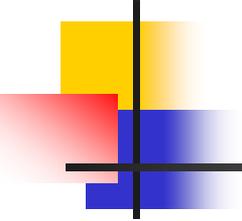


## 7.3.3 换热器的选型

- 对于建筑物内部的热热水供应系统，在选择换热器类型时应综合考虑以下5个方面的因素：

### (1) 热媒供给条件

- 影响换热器选择的主要因素是热媒种类和供应情况，生活热水供应系统的热媒有蒸汽或高温软化热水两种，来源或是区域热网或是自备热源。
- 热媒为蒸汽时，只要热源充足，选用快速式、半即热式、半容积式和容积式换热器都可以；
- 热媒为热水时，在换热面积相同的条件下，以热水为热媒的换热能力只有蒸汽为热媒换热能力的 $1/3 \sim 1/4$ ，因此，宜选用带一定贮热调节容积的半容积或容积式换热器，否则有可能产生供热不足的问题。
- 当采用燃油燃气机组等自备热源时，宜选用贮热容积为20min左右的半容积或容积式换热器，降低燃油燃气机组的负荷，供水安全可靠。



## 7.3.3 换热器的选型

### (2) 热工性能

- 传热系数 $K$ 、阻力 $\Delta h$ 和热媒温差 $\Delta T$ 是换热器的三个主要技术参数。这三个主要技术参数都与换热管内、外两侧热媒和被加热水的流速有关。
- 换热管内、外两侧介质流速 $v$ 越高，则 $K$ 值愈大，但 $K$ 则阻力加大，且 $K$ 值与 $v^{0.8}$ 成正比，而阻力 $\Delta h$ 则与 $v^2$ 成正比。若只注重 $K$ 值，而忽略了 $\Delta h$ ，会造成系统的冷热水压力不平衡。
- 如板式快速式换热器的传热系数 $K$ 值是容积式换热器的4~6倍，而被加热水一侧的阻力则是容积式换热器的15~20倍。所以，生活热水供应系统不宜采用板式快速式换热器。
- 另外，若热媒流速大，热媒在换热管中停留时间缩短，其回水温度高，即热媒温差 $\Delta T$ 减小，总换热量 $W$ 增加并不多。

### (3) 运行管理

- 生活热水供应系统中的换热设备比其他换热设备更容易结垢和腐蚀，因此不能忽视换热设备的检修与更换。所选的换热器要能抽出换热盘管，而且能够更换修理盘管

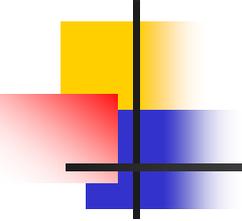
## 7.3.3 换热器的选型

### (4) 换热面积

- 若固定传热系数 $K$ 值不变，增大换热面积 $F$ 可以提高换热量，但同时会影响换热设备的运行效果和维修。
- 增大 $F$ 值通常采取两种做法：
  - 一是密集管束，将管束外表面间的净距减少到只有4~7mm；
  - 二是采用外螺纹管、管外壁加肋或用鳍片式管束作为换热管，这两种方法可以将换热面积增大1~3倍。

### (5) 材质

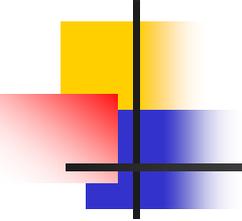
- 换热器材质必须保证热水水质，提高换热效果和延长罐体使用寿命。
- 在冷水硬度大的地方，可采用碳钢制换热器，内壁不作特殊处理，换热器使用一段时间后，罐体内壁形成了一层薄薄的水垢膜，防止内壁锈蚀。
- 当冷水水质较软时应有可靠适用的防腐措施，保障水质，如碳钢罐体内衬铜、镀锌、衬树脂，或罐体采用不锈钢、铜或复合钢板制作。
- 内表镀锌不能用于铜管热水管网的系统，以避免铜与镀锌钢壳连接处的电解作用和严重的点蚀。
- 水中含有氯化物时不能用不锈钢罐体；
- 如用树脂衬里，则应考虑树脂成分的卫生指标、耐热性能及粘固程度。
- 换热管束宜选用铜管，铜管的 $K$ 值高，阻力小，使用寿命长，清垢维修方便。



## 7.4 换热器计算

---

- 换热器的传热计算有设计计算与校核计算两种情况。
  - 设计计算是根据换热条件和要求，确定换热器的形式、面积及结构参数，设计新式换热器。
  - 校核计算则是根据换热量，计算出换热面积，选择现有的换热器。



## 7.4 换热器计算

---

- 无论设计计算还是校核计算，在确定传热系数时，应考虑污垢热阻和系统热损失。
- 换热器计算中常用平均温差法，其基本依据是传热公式

$$Q = kF\Delta T_m$$

## 7.4 换热器计算

$$Q = kF\Delta T_m \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (7.2)$$

式中  $\delta$ ——管壁厚度, mm。钢管为 2~3mm, 铜管为 1~2mm;

$\lambda$ ——导热系数, W/(m·°C)。钢管为 40~50, 铜管为 90, 水垢为 0.1~0.2;

$\alpha_1, \alpha_2$ ——换热系数, W/(m<sup>2</sup>·°C)。紊流时, 按下式计算

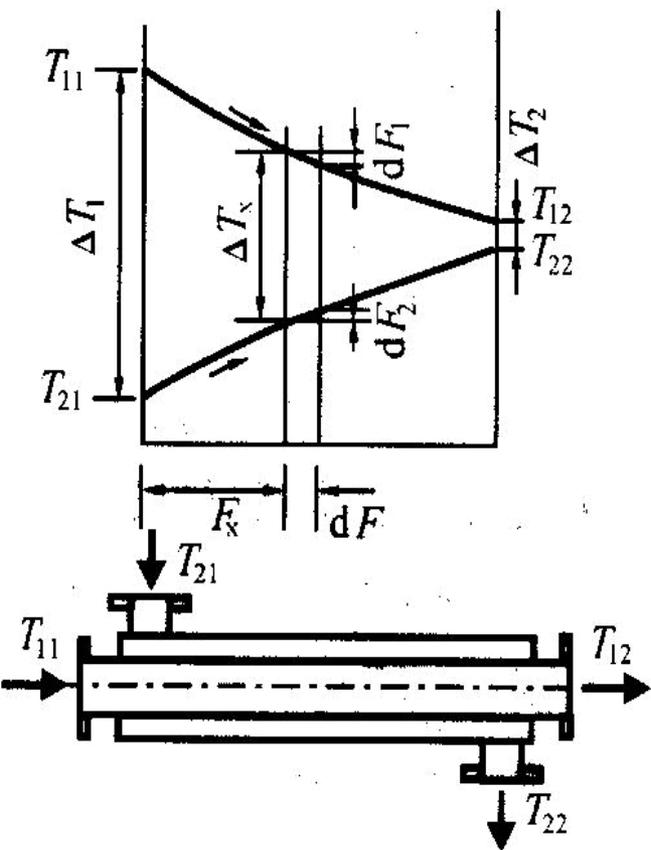
$$\alpha = (1400 + 18T - 0.035T^2) \frac{v^{0.8}}{d^{0.2}} \quad (7.3)$$

式中  $T$ ——水的平均温度, °C;

$d$ ——管径, m;

$v$ ——水的流速, m/s。

# 7.4 换热器计算



对数平均温差

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

当  $\Delta T_1/\Delta T_2 < 2$  时，可按算术平均温差计算

$$\Delta T_m = \frac{1}{2} (\Delta T_1 + \Delta T_2)$$

图 7.19 顺流换热热媒和被加热水温度变化示意图

## 7.4 换热器计算

对数平均温差

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

- 公式也适用于逆流式，一般 $\Delta T_1$ 是较大温差， $\Delta T_2$ 是较小温差。

- 顺流与逆流相比，顺流时温差变化较显著而逆流时温差变化较平缓，在进出口的温度不变的情况下，逆流比顺流平均温差大。

- 此外，顺流时被加热水的出口温度必然低于热媒的出口温度，而逆流则不是这样。

- 所以，换热器一般都尽可能采用逆流布置。

当  $\Delta T_1/\Delta T_2 < 2$  时，可按算术平均温差计算

$$\Delta T_m = \frac{1}{2} (\Delta T_1 + \Delta T_2)$$