



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

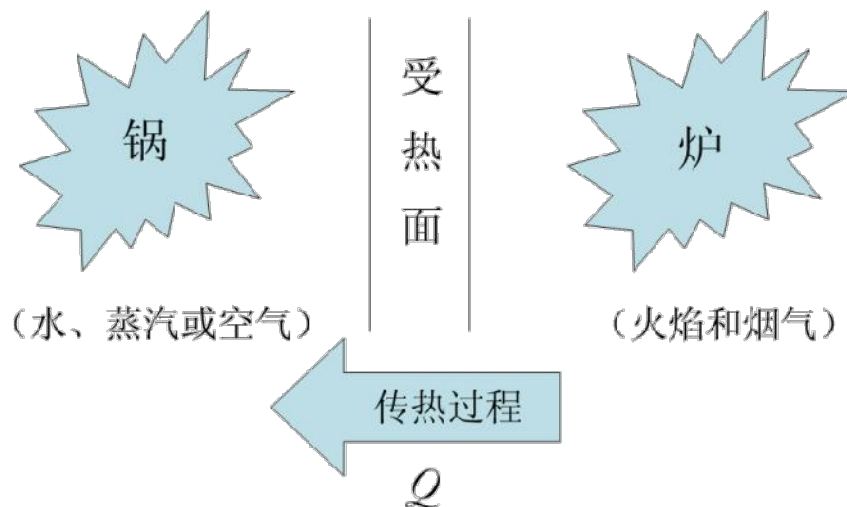
提高锅炉热效率的唯一途径是：合理进行炉膛中辐射受热面的设计，增加炉内传热系数，也就是将能量的损耗存在于一次能源与二次能源的转换环节的可能降到最低数值。对于锅炉的受热面的设计计算和传热系数计算，许多相关书籍都有详尽介绍，在此不多叙述，如果有时间，可参考《锅炉设计、制造、安装、运行、检修、改造实务全书》<http://china-heatpipe.net/heatpipe04/2009-11-15/911155698089.htm>。

### 锅炉的基本构成

锅炉的核心构成部分是“锅”和“炉”。

“锅”是容纳水和蒸汽的受压部件，包括锅筒（也叫汽包）或锅壳、受热面、集箱（也叫联箱）、管道等，组成完整的水—汽系统，其中进行着锅内过程——水的加热和汽化、水和蒸汽的流动、汽水分离等。

“炉”是燃料燃烧的场所，即燃烧设备和燃烧室（也叫炉膛），广义的“炉”是指燃料、烟气这一侧的全部空间。



### 受热面分类

△间壁式受热面：凡是放热介质和受热面介质分别处于受热面两侧，受热面的吸热和放热同时地、连续地进行。

△蓄热式（或再生式）受热面：如果放热介质和受热介质分别交替地、周期地与受热面相接触，在接触中向受热面放热或从受热面吸热。**热管受热面，实质上也可视为蓄热式受热面**

△辐射受热面：以辐射换热为主要方式，从放热介质吸收热量的受热面，应布置在感温区域，即炉膛内。

△对流受热面：以对流换热为主要方式，从放热介质吸收热量的受热面，布置在炉膛出口之后。

△水的预热受热面：通常布置在低温烟气区域，用于回收排烟余热、节约燃料，所以一般称为“省煤器”。另外，回收烟气余热来预热助燃空气的受热面称为空气预热器。由于省煤器和空气预热器都布置在低温烟气区域内，位于锅炉尾部，故又合称为尾部受热面。

△汽化受热面：（也称为蒸发受热面）

△蒸汽过热器：



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

△板式受热面:

△管式受热面: (一)烟管受热面 (烟气在管内流动) (二)水管受热面 (水在管内流动)

热管在锅炉内的作用主要有两条:

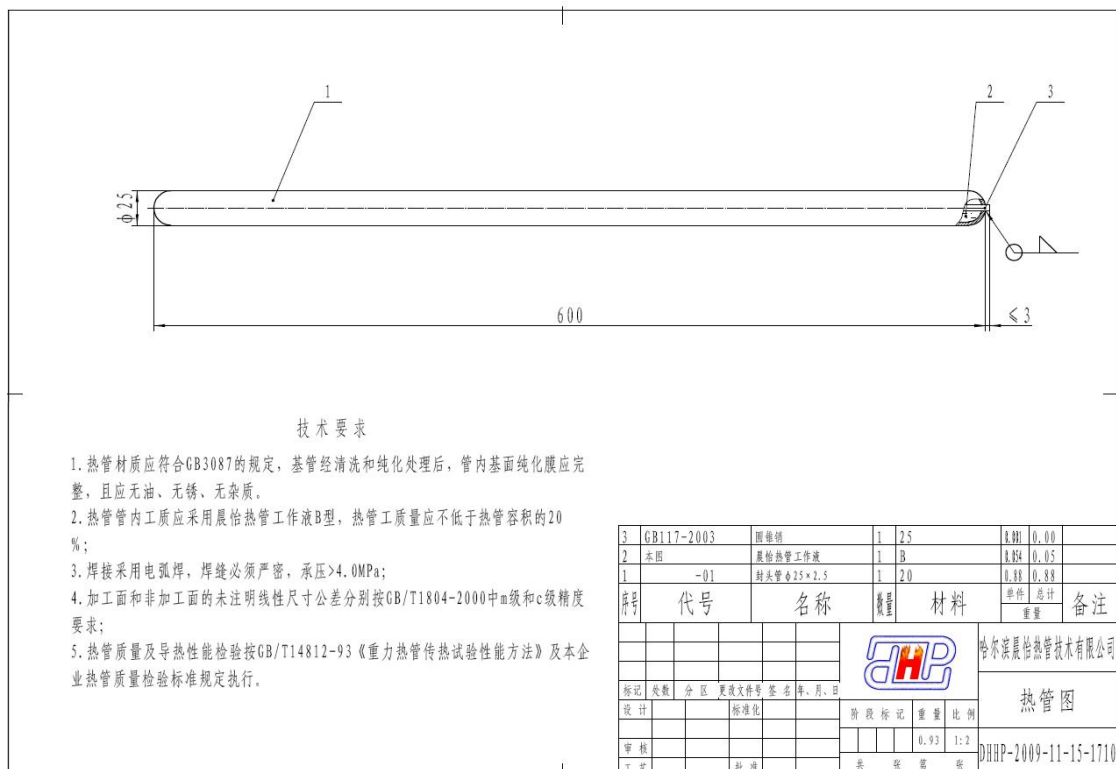
第一, 利用超导作用, 将炉内一次能源火焰和烟气聚集的温度, 迅速传给二次能源水、蒸汽或空气, 有效提高锅炉的换热系数。

第二, 增加受热面面积, 使现代锅炉可以做的尽量小的体积而功效相当于常规大体积锅炉, 并有效节煤。

用于锅炉内部的常规热管尺寸, 我们推荐为:

|                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| 低碳钢超导热管 Φ25×200  | 低碳钢超导热管 Φ32×200  | 低碳钢超导热管 Φ38×200  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×300  | 低碳钢超导热管 Φ32×300  | 低碳钢超导热管 Φ38×300  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×400  | 低碳钢超导热管 Φ32×400  | 低碳钢超导热管 Φ38×400  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×500  | 低碳钢超导热管 Φ32×500  | 低碳钢超导热管 Φ38×500  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×600  | 低碳钢超导热管 Φ32×600  | 低碳钢超导热管 Φ38×600  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×700  | 低碳钢超导热管 Φ32×700  | 低碳钢超导热管 Φ38×700  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×800  | 低碳钢超导热管 Φ32×800  | 低碳钢超导热管 Φ38×800  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×900  | 低碳钢超导热管 Φ32×900  | 低碳钢超导热管 Φ38×900  |
| 低碳钢超导热管 Φ25×1000 | 低碳钢超导热管 Φ32×1000 | 低碳钢超导热管 Φ38×1000 |

### 超导热管生产工艺图纸





## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

### 超导热管基本说明书

| 项 目                      | 技 术 参 数   |            | 标 准   |
|--------------------------|---|------------|---|
| 热管类型                     | 圆管  | 外径 25~38mm | 按实际要求   |
|                          |   |            |   |
| 热管长度                     | 总长度   | 200~6000mm | 按实际要求   |
|                          |   |            |   |
| 主体材料                     | 国标无缝低碳钢管  |            | 20g   |
| 毛细结构                     | 无   |            | 无   |
| 工作液                      | 晨怡热管工作液   |            | B 型   |
| 传热功率 (Q <sub>max</sub> ) | <b>100~4000W</b>  |            | 根据实际产品长度和测试方法 (100~4000W)   |
| 最大热阻系数<br>(°C/W)         | <b>0.08°C/W</b>   |            | <b>≤0.08°C/W</b>  |
| 使用倾角                     | 水平夹角 20~60°   |            | 理想状态为水平夹角 45°<br>允许角度 20~90°  |
| 理想工作温度 (°C)              | <b>60~500°C</b>   |            | <b>60~320°C</b>   |
| 极限温度 (°C)                | <b>500°C(气-水换热)</b>   |            | <b>320°C(气-气换热)</b>   |
| 测试条件                     | 1、环境温度 20°C<br>2、测试时间 15 分钟<br>3、恒温水槽冷却水水温 95°C<br>4、加热源由功率仪控制输入功率 Q <sub>t</sub> |            | 15 分钟内, 温差 ΔT ≤ 8°C<br>(ΔT = T <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> ), 且无增大趋势<br>Q <sub>max</sub> = Q <sub>t</sub><br>(100~4000W), |

关于热管功率:

确定功率, 首先要有两个选定值, 比如确定电热管的电功率, 首先是电压值, 然后是电阻值或者给出流过功率器件的电流值。



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

与功率器件不同的是，热管的功率传导，只是一个参考值，一般不作为主要指标来考核，这个参考值主要是用来对于热管行业不是很熟悉的使用者设计计算散热或者热回收用的参考。

衡量热管的功率，一般来说，首先要确定热管蒸发段温度，然后确定冷却段温度，还要确定环境温度，或者说绝热段温度，厂家给出的功率参考值，一定是其针对热管用途而在某一个范围内设定好了条件的。

热管的传输功率，还和诸如热管材料，直径，壁厚，长度，虹吸结构，外部结构的翅片材料，翅化比，应用场合方式，温度变化等等、等等都有连带关系，甚至和使用方向，角度都有关系。

晨怡说明书中看到单根热管的传热功率为 100~4000W，应该是针对碳钢类型的热管所说，是指一个范畴。

晨怡热管对于碳钢类的热管，目前生产比较多的是  $\Phi 20$ 、 $\Phi 25$ 、 $\Phi 32$ 、 $\Phi 38$  等直径，而长度从 150mm 开始，一直到 6000mm，多数都是根据用户需要的规格尺寸生产，可见其功率根据条件会有不同，好多热回收行业，根本就不要热管单只的功率值，而是根据热环境和回收结果综合反推单只热管在此设备中的换热功率，这样相对科学。

比如我们设计热管式冷凝器如下规格参数表

| 热管式冷凝器规格参数表-天然气                  |  |         |         |         |         |        |          |         |         |
|----------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|
| 锅炉规格                             | 1t/h   | 2t/h    | 4t/h    | 6t/h    | 8t/h    | 10t/h  | 15t/h    | 20t/h   | 30t/h   |
|                                  | (0.7MW)  | (1.4MW) | (2.8MW) | (4.2MW) | (5.6MW) | (7MW)  | (10.5MW) | (14MW)  | (21MW)  |
| 锅炉额定蒸发量 (t/h)                    | 1  | 2       | 4       | 6       | 8       | 10     | 15       | 20      | 30      |
| 锅炉设计热效率                          | 90%  |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 天然气低位发热量 (Kcal/Nm <sup>3</sup> ) | 8600   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 锅炉天然气耗量 (Nm <sup>3</sup> /h)     | 77.5   | 155.0   | 310.1   | 465.1   | 620.2   | 775.2  | 1162.8   | 1550.4  | 2325.6  |
| 锅炉烟气量 (Nm <sup>3</sup> /h)       | 880.2  | 1760.3  | 3521.8  | 5282.1  | 7043.6  | 8803.9 | 13205.8  | 17607.7 | 26411.6 |
| 烟气侧进口温度 °C                       | 180  |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 烟气侧出口温度 °C                       | 60   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 冷水侧进口温度 °C                       | 40   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 冷水侧出口温度 °C                       | 55   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 设计工作压力 (MPa)                     | 1.0  |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 冷凝器热效率                           | 95%  |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 冷凝器节能率 (≥)                       | 5.50%  | 5.58%   | 5.54%   | 5.56%   | 5.56%   | 5.57%  | 5.56%    | 5.56%   | 5.56%   |
| 热管材质                             | GB8163-87 20 <sup>5</sup> 无缝钢管 (或 ND 钢)，外径 $\Phi 32$ mm，壁厚 3.0mm   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 翅片 (烟侧)                          | 翅片热管外径 $\Phi 62$ mm，翅片高度 15mm，翅厚 1.0mm，翅片间距 6mm，材质 Q235-A (或 ND 钢) |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 外壳材质                             | 镀锌彩钢板 (内带保温)   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 表面温度                             | < 50°C   |         |         |         |         |        |          |         |         |
| 回收热量 (Kw)                        | 38.8   | 77.5    | 155.1   | 232.7   | 310.2   | 387.8  | 581.7    | 775.6   | 1163.3  |
| 回收热量 (万 Kcal/h)                  | 3.3  | 6.7     | 13.3    | 20.0    | 26.7    | 33.4   | 50.0     | 66.7    | 100.0   |
| 回收热量 (MJ)                        | 137.9  | 280.1   | 555.9   | 836.0   | 1116.1  | 1396.1 | 2090.0   | 2788.1  | 4180.0  |



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

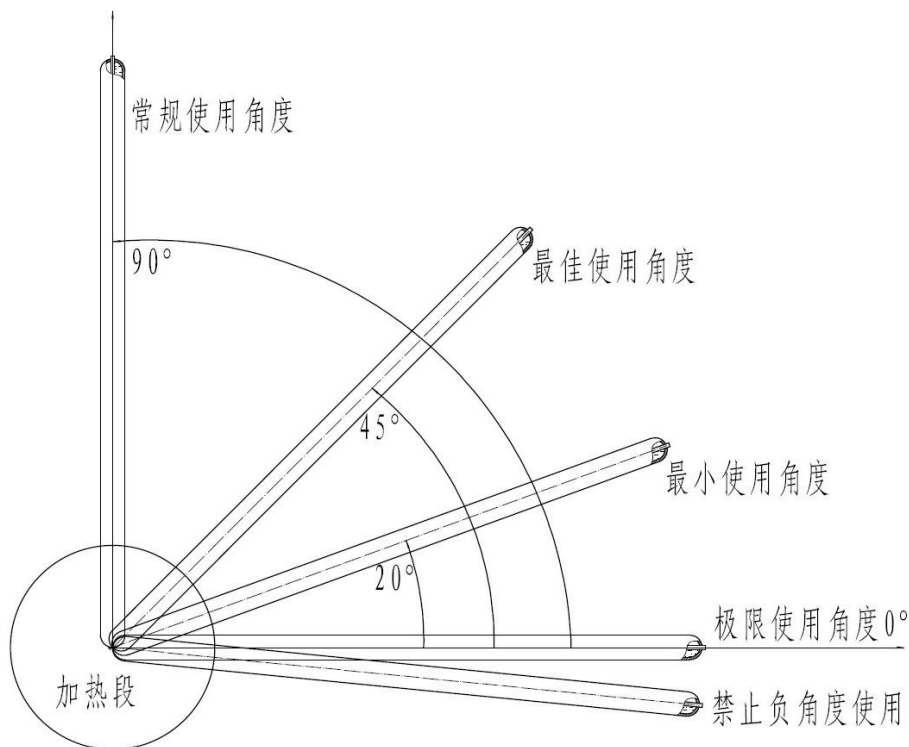
E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

|                           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 冷水流量(m <sup>3</sup> /h)   | 2.2  | 4.5  | 8.9  | 13.3 | 17.8 | 22.3 | 33.3 | 44.5 | 66.7 |
| 热管(20#无缝钢管)单价(元)          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 热管(ND 钢)单价(元)             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 热管数量(根)                   | 190  | 228  | 247  | 273  | 325  | 377  | 434  | 546  | 624  |
| 单根热管传热量(Kw)               | 0.3  | 0.36 | 0.66 | 0.9  | 1    | 1.1  | 1.4  | 1.5  | 1.96 |
| 热管总长(mm)                  | 900  | 1000 | 1400 | 1700 | 1850 | 1950 | 2350 | 2450 | 2700 |
| 热管水侧长度(mm)                | 300  | 400  | 500  | 600  | 650  | 700  | 700  | 750  | 800  |
| 热管烟侧(翅片侧)长度(mm)           | 500  | 500  | 800  | 1000 | 1100 | 1150 | 1550 | 1600 | 1800 |
| 热管烟侧换热面积(m <sup>2</sup> ) | 56   | 97   | 169  | 233  | 305  | 370  | 575  | 746  | 960  |
| 单根热管重量(kg)                | 5.94 | 6.17 | 8.16 | 9.56 | 10.3 | 10.7 | 13   | 13.4 | 14.7 |
| H                         | 1662 | 1762 | 2162 | 2462 | 2612 | 2712 | 3112 | 3212 | 3462 |
| L                         | 2132 | 2372 | 2552 | 2552 | 2552 | 3292 | 3292 | 3992 | 4532 |
| K                         | 1395 | 1735 | 1735 | 1820 | 1990 | 2075 | 2245 | 2585 | 2585 |
| S                         | 703  | 1043 | 1043 | 1128 | 1298 | 1383 | 1553 | 1893 | 1893 |

根据表中数据,一吨锅炉的热管功率是单只 204.21W,二吨锅炉的是 339.91W,而三吨锅炉的就达到了 627.93W,可见热管的单只功率计算,是一个多么模糊的参考!

热管的角度使用建议:





## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

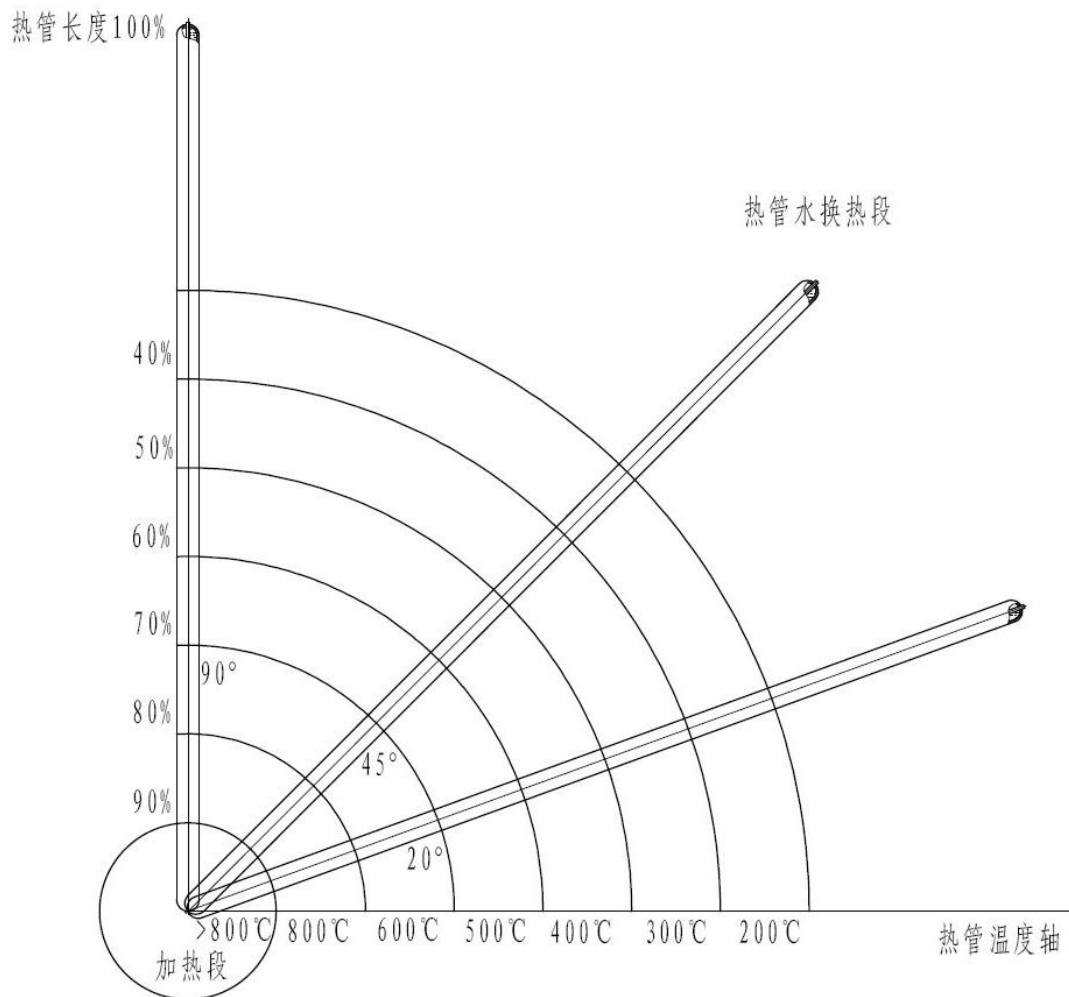
传真: 0451-82552085

E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

热管在使用过程中，最常用的方式为热端在下面，冷却段在上面的垂直使用方式，这也是工业类重力热管最为常用的方式，在热管的各类参数测试中，我们发现，微观上热管最佳使用状态为与水平夹角为  $45^\circ$  时为最好，允许使用角度为  $20^\circ \sim 90^\circ$ ，一般不建议水平应用，水平应用将大大降低热管效率，禁止反向使用。

热管使用中温度与热段比例的建议：



在热管用于水预热的锅炉热管应用中，常遇到用户将热管直接接触明火，因为使用不当，过高温度使热管达到使用极限而爆管，那么如何使用热管才能达到更好的效果呢，简单的说法就是，加热段温度越高，留给加热段的热管比例越小，而留给水冷却段越大，经验比例如上图所示，一般不建议热管加热段超过  $800^\circ\text{C}$ 。

关于增加热管后增加的受热面积：

我们以使用低碳钢超导热管  $\Phi 38 \times 200$  为例，在锅炉内壁  $\Phi 38$  的表面积为：

$S = 3.14 \times 0.019 \times 200 = 0.00113354 \text{M}^2$ ，假设炉温在  $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ，热管采用同比例使用，为热段



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

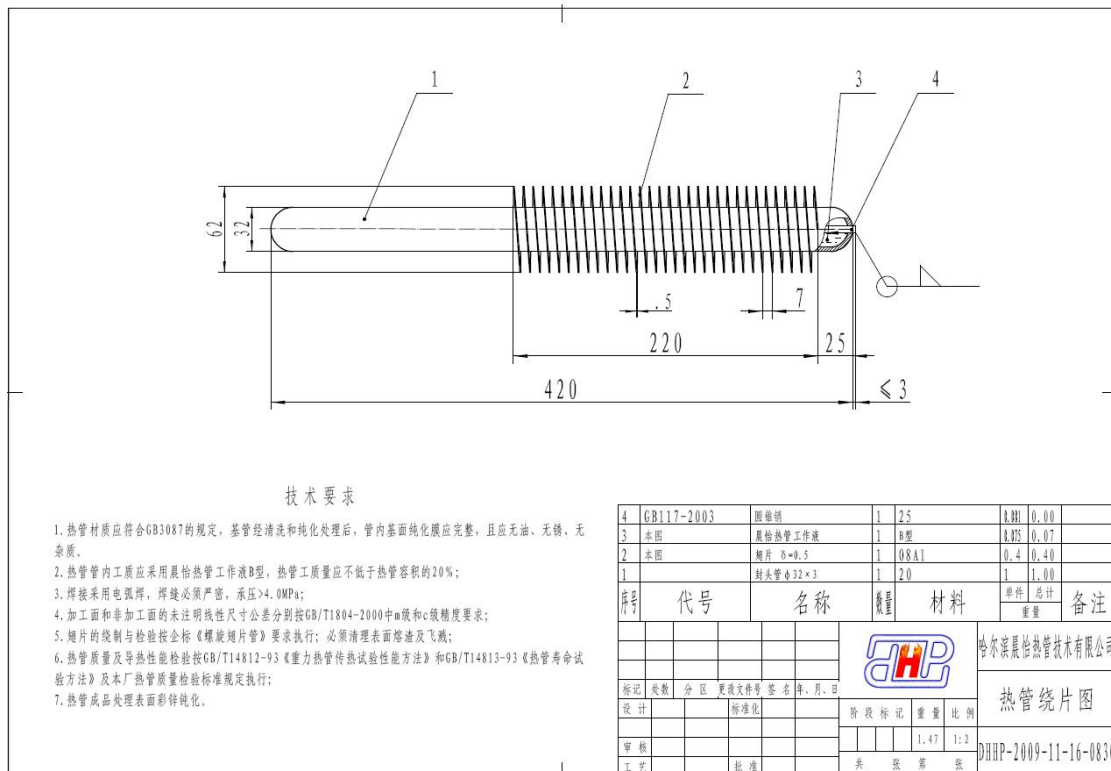
E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

50%，冷段 50% 长度即为 100MM=0.1M，那么，在水侧的受热面积为：  
 $S=3.14 \times 0.038 \times 0.1=0.011932M^2$ ，相当于增大近 10 倍的受热面积。

如果还需要增大热管在水侧的受热面积，除了增加热管长度和增加温度以外，还可以使用热管绕片，增加翅化比来增加换热面积，当然，选择合适的片高和片距及表面防腐蚀处理，显得尤为重要。

### 热管绕片工艺图



我们再计算下上图热管在锅炉中的受热面积，首先计算光管面积，使用低碳钢超导热管  $\Phi 32 \times 420$ ，在锅炉内壁  $\Phi 32$  的表面积为： $S=3.14 \times 0.016^2 M^2=0.00080384M^2$ ，假设炉温在  $200^{\circ}C \sim 300^{\circ}C$ ，热管热段 175MM，冷段长度为 245MM=0.245M，那么，在水侧的受热面积为： $S=3.14 \times 0.032 \times 0.245=0.0246176M^2$ 。再计算绕翅片后的面积：根据公式计算出，热管绕片换热面积为  $0.7362M^2 / M$ ，根据绕片长度，算出  $0.7362 \times 0.22=0.161964M^2$ ，可见经过热管传导的锅炉中的受热面积已经增加一个很大的数量级。

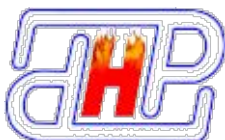
关于热管缠绕翅片，首先引入一个概念，就是翅化比，翅片管的两个重要概念：翅化比和翅片效率，选择翅片参数时应考虑的问题。

翅片管和翅片本身结构参数的标注方法提出如下的建议：

#### (1) 翅片管和翅片结构的标注方法

首先，用 CPG 代表翅片管 (CHIPIAN GUAN) 的缩写，翅片管的结构特性，材质，及加工方法可用下面的系列数字或符号表示：

**CPG (  $\phi Db \times \delta / Df / P / T - X / Y - A$  )** 其中：**CPG**：翅片管； **$\phi Db \times \delta$** ：基管外径



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

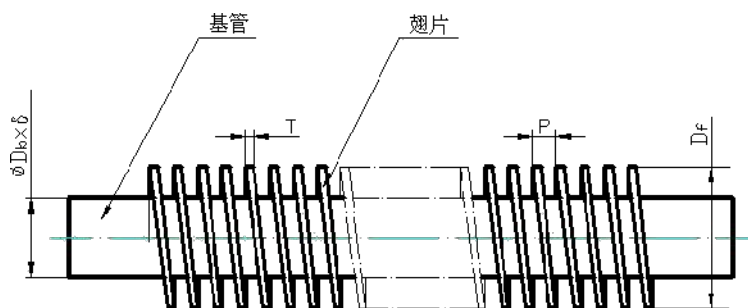
E-mail: heatpipe@yahoo.cn

移动: 13704813968

和厚度; **Df**: 翅片外径, mm; **P**: 翅片节距, mm;

**T**: 翅片厚度, mm; **X**: 基管材质; **Y**: 翅片材质; 其中: Fe: 铁; Al: 铝; Cu: 铜

**A**: 加工方法: **I**: 缠绕(不标出即默认); 其它待定。见下图之标示。



翅片管的结构参数

例如: **CPG (  $\phi 32 \times 3.5 / 64 / 8 / 1 - \text{Fe} / \text{Fe}$  )** 说明该翅片管的基管外径为 32mm, 壁厚为 3.5mm, 翅片外径为 64mm, (即翅片高度为 16mm), 翅片节距为 8mm, 翅片厚度为 1mm, 基管和翅片皆为碳钢, 为高频焊管。此外, 有时需要单独对翅片本身的结构参数进行标注, 标注方法如下所示:

**CP (  $D_b / D_f / P / T - Y$  )** 各符号所代表的意义与翅片管的表示方法相同。举例如下:

例如: **CP (  $32 / 62 / 8 / 1 - \text{Fe}$  )** 说明 该翅片的基管外径为 32mm, 翅片外径为 62mm (翅片高度为 15mm), 翅片节距为 8mm, 翅片厚度为 1mm, 材质为碳钢。

### (2) 翅化比

翅化比是指光管表面(基管表面)在加装翅片以后表面积扩大的倍数, 可用“ $\beta$ ”来表示, 即

$$\beta = (\text{原光管外表面积}) / (\text{翅片管总的外表面积})$$

计算举例:

有一翅片管, **CPG (  $\phi 25 / 2.5 / 50 / 4 / 1 - \text{Fe} / \text{Fe}$  )**, 试计算其翅化比

1 米管长的翅片数目  $n = 1000 / 4 = 250$

1 米管长的翅片面积

$$A_f = 250 \times [\pi / 4 \{ (D_f^2 - D_b^2) \times 2 + \pi \times D_f \times Y \}] = 0.775 \text{ m}^2$$

1 米管长上的裸管面积, 即翅片之间的光管面积

$$A_o = \pi \times D_b \times 1 \times (P - T) / P = 3.1416 \times 0.025 \times 1 \times 3/4 = 0.0589 \text{ m}^2$$

1 米管长上的光管面积

$$A_b = 3.1416 \times 0.025 = 0.0785 \text{ m}^2 \quad \text{翅化比}$$



## 哈尔滨晨怡热管技术有限公司

DawnHappy Heat Pipe Technology, Inc.

电话: 0451-82589558

传真: 0451-82552085

E-mail: heatpipe@yahoo.cn

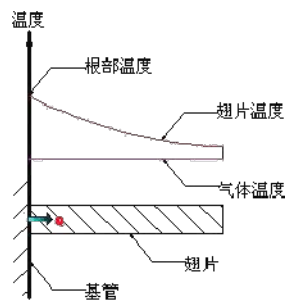
移动: 13704813968

$$\beta = (A_f + A_0) / A_b = (0.775 + 0.0589) / 0.0785 = 10.62$$

即加翅片后的传热面积为原光管面积的 10.62 倍。

### (3) 翅片效率

当翅片被“根植”在光管表面上以后，在由管内向管外传热的情况下，热量将从翅片根部沿翅片高度向外传递，同时不断地以对流换热的方式传给周围的流体，其结果就使得翅片温度沿高度方向逐渐下降。如下图所示。



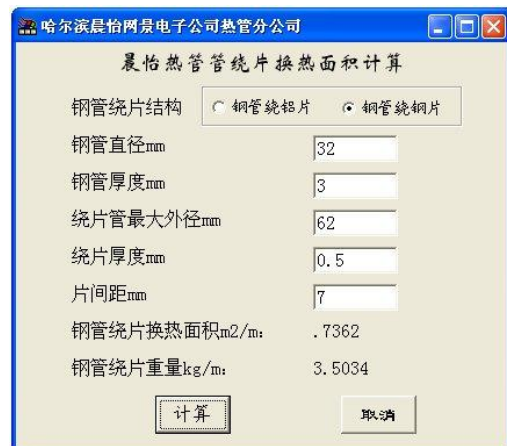
翅片效率原理图

翅片温度沿高度方向逐渐下降，说明翅片温度与周围流体温度的差值在逐渐缩小，单位面积的换热量在逐渐缩小。这样，翅片表面积对增强换热的有效性在下降。翅片越高，其增加的面积对换热的“贡献”就越小。因此，有必要引入一个新的概念——翅片效率。

**翅片效率**  $\eta = (\text{翅片表面的实际散热量}) / (\text{假定翅片表面温度等于翅根温度时的散热量})$

因为翅片效率小于 1，说明增加 1 倍的翅片散热面积，并不能增加 1 倍的散热量，要打一个“折扣”，这个“折扣”就是翅片效率。

热管生产中，加翅片后的换热面积换算复杂烦琐，浪费很多时间精力，我们提供一个小软件，使工程技术人员在换算时，节省时间，软件只需要输入已知数据，就可以换算出换热面积及绕片重量如下图所示：



热管换算软件下载地址：



[http://heatpipe.net.cn/down/27/2008-4-25\\_0304352866.html](http://heatpipe.net.cn/down/27/2008-4-25_0304352866.html)