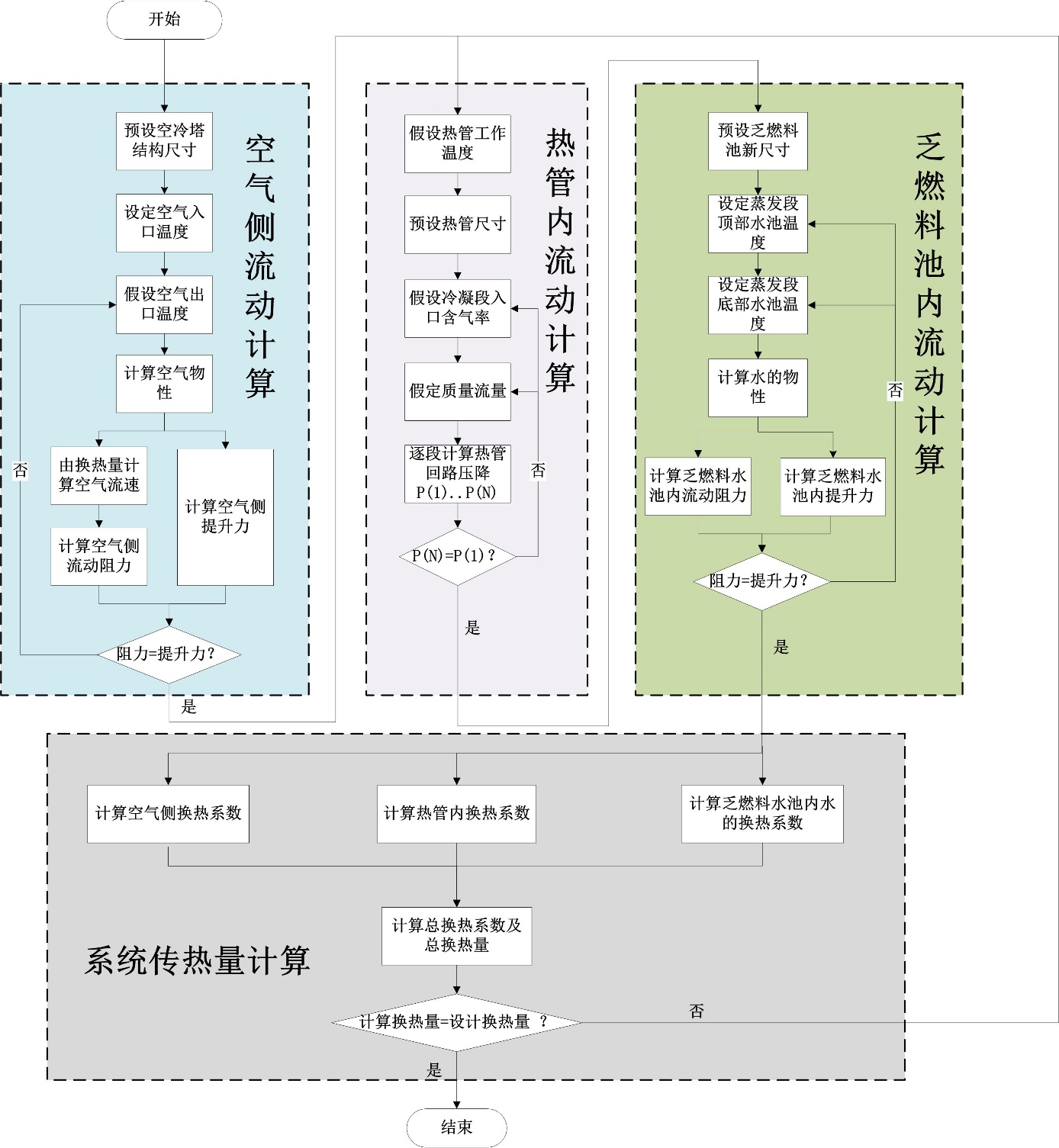
# 乏燃料水池非能动冷却系统设计

## 一、计算流程图



## 二、空冷塔设计计算

### 2.1 输入参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 空气压力（Pa） | 1.01e+5 | 空冷塔翅片管间距(m) | 2.3e-3 |
| 空气入口温度(C) | 35 | 空冷塔内管间横向间距(m) | 0.054 |
| 空气出口温度(C) | 50 | 空冷塔内管间纵向间距(m) | 0.0468 |
| 热管工作温度(C) | 69 | 空冷塔内管排数 | 4 |
| 设计换热量(W) | 16e+6 | 空冷塔内单排管根数 | 220 |
| 空冷塔高度(m) | 50 |  |  |
| 空冷塔长度(m) | 20 |  |  |
| 空冷塔宽度(m) | 16 |  |  |
| 冷凝段换热管长(m) | 20 |  |  |
| 冷凝段换热管外径(m) | 0.0254 |  |  |
| 空冷塔内翅片管外径(m) | 0.05 |  |  |
| 空冷塔内翅片管厚度(m) | 0.5e-3 |  |  |

### 2.2 乏燃料水池内空气流动计算

空气横掠管束压降为：



其中，为流动阻力系数，为空冷塔内管排数，为空气平均密度，为空冷塔内最小截面处的流速。

空气横掠管束时的流动阻力系数为[[1](#_ENREF_1)]：



其中，为空冷塔内换热管外径，为空冷塔内空气平均粘度，为空冷塔内管间横向间距，为空冷塔内管间纵向间距。



其中，为空冷塔内空气质量流量，为空冷塔内最小流通截面。



其中，为设计换热量，为空气出口温度，为空气入口温度，为空气平均比热。



其中，为空冷塔的宽度，为空冷塔内换热管长度，为空冷塔内每排换热管数，为换热管的翅片外径，为换热管的翅片厚度，为换热管的翅片间距。

空冷塔内的空气流动提升力为：



其中，为空气入口密度，为空气出口密度，为空冷塔高度。

空冷塔内的空气流动需要满足提升力等于流动阻力，即



## 三、热管设计计算

### 3.1 输入参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 蒸发段外径(m) |  | 蒸发段管长(m) |  |
| 蒸发段壁厚(m) |  | 蒸发段出口竖直段管长(m) |  |
| 冷凝段外径(m) |  | 冷凝段入口水平段管长(m) |  |
| 冷凝段壁厚(m) |  | 冷凝段管长(m) |  |
| 连接管管道外径(m) |  | 冷凝段出口下降段管长(m) |  |
| 连接管壁厚(m) |  | 水平连接段管长(m) |  |
| 换热量(W) | 16e+6 | 蒸发段入口竖直段管长(m) |  |

### 3.2 热管设计计算

热管内的流动满足质量、动量及能量守恒。







两相流动时，采用均相流模型计算，压降计算公式：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 单相流 | 两相流 |
| 重力压降 |  |  |
| 加速压降 |  |  |
| 摩擦压降 |  |  |

## 四、乏燃料水池设计计算

### 4.1 输入参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 原乏燃料池总长Lpool，m | 12.7 | 导向管和仪表管横截面积Agits,m^2 | 0.0029 |
| 原乏燃料池总宽Wpool，m | 6.4 | 实际格架流通面积Afree，m^2 | 0.0283 |
| 原乏燃料池总高Hpool,m | 13.08 | 格架边孔流通面积Ansh,m^2 | 0.0025 |
| 现乏燃料池总长Lpool',m | 14.7 | I类贮存格架单元中心距Pcell1,m | 0.278 |
| 现乏燃料池总宽Wpool',m | 8.4 | II类贮存格架单元中心距Pcell2,m | 0.246 |
| 现乏燃料池总高Hpool'，m | 15.08 | 乏燃料池向四周扩展,m | 1 |
| 压力,Pa | 1.01E+05 | 堆芯燃料组件总数,Ncore | 193 |
| 贮存格架总长度Lrack,m | 12.31 | I类贮存格架单元中心距Pcell1,m | 0.278 |
| 贮存格架总宽度Wrack,m | 6.015 | II类贮存格架单元中心距Pcell2,m | 0.246 |
| 贮存格架总高度(包括基础板）Hrack,m | 5.085 | 乏燃料水池向高度方向延伸，m | 2 |
| 长度方向贮存格架与池壁间距Lgap,m | 1.195 |  |  |
| 宽度方向贮存格架与池壁间距Wgap,m | 1.1925 | 贮存格架总面积，m^2 | 74.04465 |
| 贮存格架与池底间距Hgap,m | 0.096 | 贮存格架单元内部尺寸,m | 0.224 |
| 活性区高度Hact,m | 4.267 | 贮存格架单元面积,m^2 | 0.050176 |
| 堆芯燃料组件总数Ncore | 193 | 贮存格架单元数目 | 1475.699 |
| 格架单元内横截面积Acell，m^2 | 0.05 | 贮存格架数目 | 8 |
| I区格架单元横截面积Acell1,m^2 | 0.0773 | 每个贮存格架中贮存单元数目 | 184.4623 |
| II区格架单元横截面积Acell2，m^2 | 0.0605 | 乏燃料组件总数 | 879 |
| 棒束横截面积Arods，m^2 | 0.0187 |  |  |

### 4.2 乏燃料水池设计计算

流动阻力计算：







贮存框架与水池底部之间的流动阻力deltP1

贮存框架上升区域流动阻力deltP2

热管区上升区域流动阻力deltP3

热管与池顶之间的流动阻力deltP4

热管区域下降段流动阻力deltP5

贮存框架与池壁之间下降段流动面积deltP6

局部阻力：

突扩截面： ， 

突缩截面： ， 

从池底到贮存框架之间突缩阻力deltP7

从贮存框架到热管上升区域突扩阻力deltP8

从热管上升区域到池顶突扩阻力deltP9

从池顶到热管下降区域突缩阻力deltP10

从热管下降区域到框架与池壁下降区域突扩阻力deltP11

从下降区域到池底突扩阻力deltP12

重力压降：



流动平衡需满足：



## 五、换热系数计算

## 参考文献

1. 屠传经，洪荣华，王鹏举, *重力热管式换热器及其在余热利用中的应用*. 1989, 杭州: 浙江大学出版社.